This is a reproduction of a library book that was digitized by Google as part of an ongoing effort to preserve the information in books and make it universally accessible.

Google™ books

http://books.google.com

Über dieses Buch

Dies ist ein digitales Exemplar eines Buches, das seit Generationen in den Regalen der Bibliotheken aufbewahrt wurde, bevor es von Google im Rahmen eines Projekts, mit dem die Bücher dieser Welt online verfügbar gemacht werden sollen, sorgfältig gescannt wurde.

Das Buch hat das Urheberrecht überdauert und kann nun öffentlich zugänglich gemacht werden. Ein öffentlich zugängliches Buch ist ein Buch, das niemals Urheberrechten unterlag oder bei dem die Schutzfrist des Urheberrechts abgelaufen ist. Ob ein Buch öffentlich zugänglich ist, kann von Land zu Land unterschiedlich sein. Öffentlich zugängliche Bücher sind unser Tor zur Vergangenheit und stellen ein geschichtliches, kulturelles und wissenschaftliches Vermögen dar, das häufig nur schwierig zu entdecken ist.

Gebrauchsspuren, Anmerkungen und andere Randbemerkungen, die im Originalband enthalten sind, finden sich auch in dieser Datei – eine Erinnerung an die lange Reise, die das Buch vom Verleger zu einer Bibliothek und weiter zu Ihnen hinter sich gebracht hat.

Nutzungsrichtlinien

Google ist stolz, mit Bibliotheken in partnerschaftlicher Zusammenarbeit öffentlich zugängliches Material zu digitalisieren und einer breiten Masse zugänglich zu machen. Öffentlich zugängliche Bücher gehören der Öffentlichkeit, und wir sind nur ihre Hüter. Nichtsdestotrotz ist diese Arbeit kostspielig. Um diese Ressource weiterhin zur Verfügung stellen zu können, haben wir Schritte unternommen, um den Missbrauch durch kommerzielle Parteien zu verhindern. Dazu gehören technische Einschränkungen für automatisierte Abfragen.

Wir bitten Sie um Einhaltung folgender Richtlinien:

+ *Nutzung der Dateien zu nichtkommerziellen Zwecken* Wir haben Google Buchsuche für Endanwender konzipiert und möchten, dass Sie diese Dateien nur für persönliche, nichtkommerzielle Zwecke verwenden.

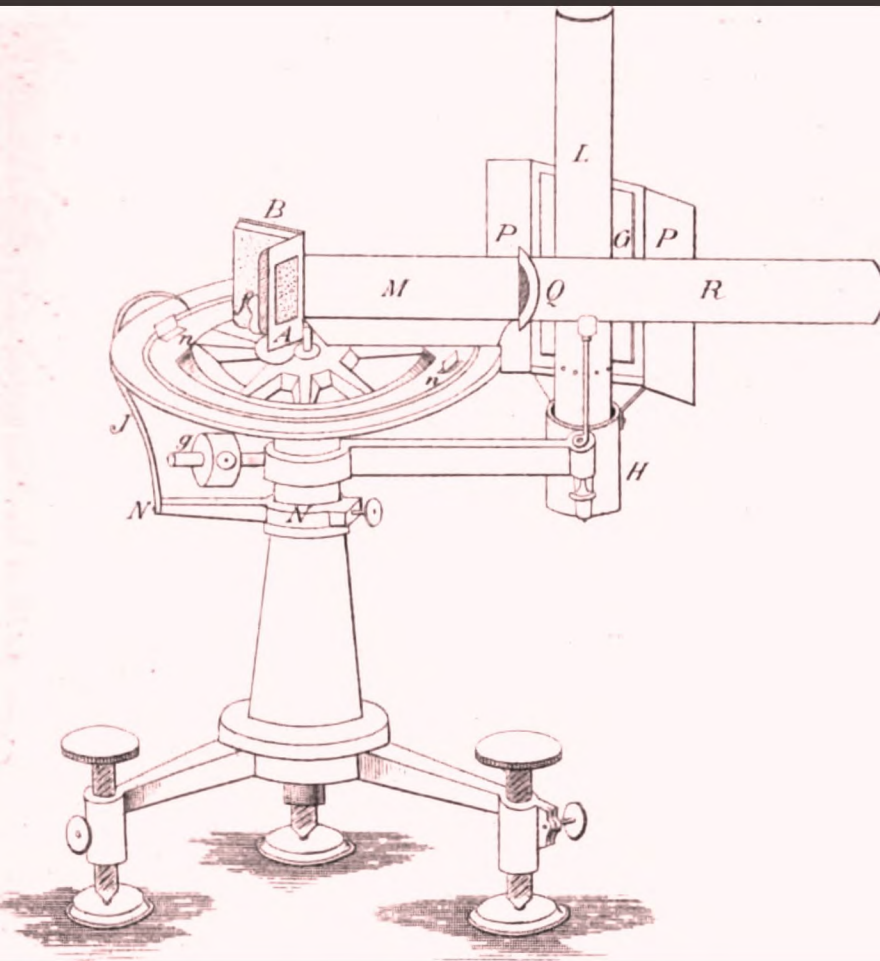
+ *Keine automatisierten Abfragen* Senden Sie keine automatisierten Abfragen irgendwelcher Art an das Google-System. Wenn Sie Recherchen über maschinelle Übersetzung, optische Zeichenerkennung oder andere Bereiche durchführen, in denen der Zugang zu Text in großen Mengen nützlich ist, wenden Sie sich bitte an uns. Wir fördern die Nutzung des öffentlich zugänglichen Materials für diese Zwecke und können Ihnen unter Umständen helfen.

+ *Beibehaltung von Google-Markenelementen* Das "Wasserzeichen" von Google, das Sie in jeder Datei finden, ist wichtig zur Information über dieses Projekt und hilft den Anwendern weiteres Material über Google Buchsuche zu finden. Bitte entfernen Sie das Wasserzeichen nicht.

+ *Bewegen Sie sich innerhalb der Legalität* Unabhängig von Ihrem Verwendungszweck müssen Sie sich Ihrer Verantwortung bewusst sein, sicherzustellen, dass Ihre Nutzung legal ist. Gehen Sie nicht davon aus, dass ein Buch, das nach unserem Dafürhalten für Nutzer in den USA öffentlich zugänglich ist, auch für Nutzer in anderen Ländern öffentlich zugänglich ist. Ob ein Buch noch dem Urheberrecht unterliegt, ist von Land zu Land verschieden. Wir können keine Beratung leisten, ob eine bestimmte Nutzung eines bestimmten Buches gesetzlich zulässig ist. Gehen Sie nicht davon aus, dass das Erscheinen eines Buchs in Google Buchsuche bedeutet, dass es in jeder Form und überall auf der Welt verwendet werden kann. Eine Urheberrechtsverletzung kann schwerwiegende Folgen haben.

Über Google Buchsuche

Das Ziel von Google besteht darin, die weltweiten Informationen zu organisieren und allgemein nutzbar und zugänglich zu machen. Google Buchsuche hilft Lesern dabei, die Bücher dieser Welt zu entdecken, und unterstützt Autoren und Verleger dabei, neue Zielgruppen zu erreichen. Den gesamten Buchtext können Sie im Internet unter `http://books.google.com` durchsuchen.



Sitzungsberichte

Bayerische Akademie der Wissenschaften.
Mathematisch-Naturwissenschaftliche Klasse, ...

Digitized by Google

LELAND·STANFORD·JVNIOR·VNIVERSITY

Digitized by Google

Digitized by Google

063
M966m

Digitized by Google

Digitized by Google

Digitized by Google

Sitzungsberichte

der

mathematisch-physikalischen Classe

der

k. b. Akademie der Wissenschaften

zu München.

THIS ITEM HAS BEEN MICROFILMED BY
STANFORD UNIVERSITY LIBRARIES
REFORMATTING SECTION 1994. CONSULT
SUL CATALOG FOR LOCATION.

München.
Verlag der K. Akademie.
1888.

Commission bei G. Franz.

Digitized by Google

157060

STANFORD LIBRARY

Digitized by Google

Uebersicht

des Inhaltes der Sitzungsberichte Bd. XVII Jahrgang 1887.

Die mit * bezeichneten Vorträge sind ohne Auszug.

Oeffentliche Sitzung der kgl. Akademie der Wissenschaften zur Feier des 128. Stiftungstages am 28. März 1887.

Seite

C. v. Voit: Nekrologe 73

Oeffentliche Sitzung der k. Akademie der Wissenschaften zur Nachfeier der Allerhöchsten Namensfeste Seiner Majestät des Königs und Seiner königl. Hoheit des Prinzregenten am 15. November 1887.

Verkündigung der Neuwahlen 479

Sitzung vom 8. Januar 1887.

*N. Rüdinger: Ueber künstlich verunstaltete Schädel und Gehirne der eingebornen Südseeinsulaner . . . 1

Sitzung vom 5. Februar 1887.

Fr. Kohlrausch: Bestimmung der Selbstinduction eines Leiters mittels inducirter Ströme 3

Ueber die Herstellung sehr grosser genau bekannter elektrischer Widerstandsverhältnisse und über eine Anordnung von Rheostatenwiderständen 11

Ueber die Berechnung der Fernwirkung eines Magnets 23

Digitized by Google

Seite

S. Finsterwalder: Ueber katoptrische Eigenschaften der Flächen 2. Grades 33

*A. Voss: Ueber die projective Centrafläche einer algebraischen Fläche n^ter Ordnung 2

Franz Hessler: Ueber Naturgeschichte der alten Inder . . 43

A. A. Böhm: Ueber die Befruchtung des Neunaugeneies . . 53

Sitzung vom 5. März 1887.

*A. v. Braunmühl: Untersuchungen über p-reihige Charakteristiken, die aus Dritteln ganzer Zahlen gebildet sind, und die Additionstheoreme der zugehörigen Thetafunctionen 63

C. v. Voit: Untersuchung der Kost eines Vegetarianers . . 63

N. Rüdinger: Das Hirn Gambettas 69

Sitzung vom 7. Mai 1887.

E. Lommel: Ueber die Photometrie der diffusen Zurückwerfung 95

Karl Haushofer: Ueber die mikroscopischen Formen des Germaniumsulfides und des Germaniumoxydes 133

Franz Hessler: Allgemeine Uebersicht der Heilkunde der alten Inder 137

Otto Reis: Ueber Bolonostomus, Aspidorhynchus und ihre Beziehungen zum lebenden Lepidosteus (mit 2 Tafeln) . 151

Sitzung vom 11. Juni 1887.

M. v. Pettenkofer: Ueber Gesundheitsschädlichkeit mehrerer hygienisch und technisch wichtiger Gase und Dämpfe . 179

Sitzung vom 2. Juli 1887.

*H. Seeliger: Zur Theorie der Beleuchtung der grossen Planeten, insbesondere des Saturn 195

H. Götz und A. Kurz: Elektrometrische Untersuchungen . . 195

C. W. v. Gümbel: Die miocänen Ablagerungen im oberen Donaugebiete und die Stellung des Schliers von Ottnang 221

Digitized by Google

Sitzung vom 5. November 1887.

Seite

Oskar Emil Meyer: Ueber die Bestimmung der inneren Reibung nach Coulomb's Verfahren 343

L. Radlkofer: Ueber einige Capparis-Arten. Zweite Mittheilung 365

Leo Königsberger: Ueber die für eine homogene lineare Differentialgleichung dritter Ordnung zwischen den Fundamentalintegralen und deren Ableitungen stattfindenden algebraischen Beziehungen 423

Sitzung vom 3. Dezember 1887.

*C. M. v. Bauernfeind: Ergebnisse aus Beobachtungen der terrestrischen Refraction (3. Mittheilung) 433

F. v. Sandberger: Ueber die ältesten Ablagerungen im südöstlichen Theile des böhmischen Silurbeckens und deren Verhältniss zu dem anstossenden Granit 433

N. Rüdinger: Ueber die Abflusskanäle der Endolymphe des inneren Ohres (mit 3 Tafeln) 455

P. Gordan: Ueber die Bildung der Discriminante einer tertiären Form 477

Einsendungen von Druckschriften 327, 481

Digitized by Google

Digitized by Google

Sitzungsberichte

der

königl. bayer. Akademie der Wissenschaften.

Mathematisch-physikalische Classe.

Sitzung vom 8. Januar 1887.

Herr N. RÜDINGER hält einen Vortrag „über künstlich verunstaltete Schädel und Gehirne der eingebornen Südseeinsulaner." Die Abhandlung wird in den Denkschriften erscheinen.

Sitzung vom 5. Februar 1887.

1. Herr C. v. VOIT überreicht drei von dem correspondirenden Mitgliede Herrn FRIEDRICH KOHLRAUSCH in Würzburg eingesandte Abhandlungen: a) „Bestimmung der Selbstinduction eines Leiters mittels inducirter Ströme," b) „über die Herstellung sehr grosser genau bekannter elektrischer Widerstandsverhältnisse und über eine Anordnung von Rheostatenwiderständen," c) „über die Berechnung der Fernwirkung eines Magnets."

2. Herr A. VOSS legt eine Abhandlung des Herrn S. FINSTERWALDER vor „über katoptrische Eigenschaften der Flächen 2. Grades."

Digitized by Google

3. Herr A. Voss spricht „über die projective Centrafläche einer algebraischen Fläche n^ter Ordnung.“ Die Abhandlung wird in den Denkschriften erscheinen.

4. Herr FRANZ HESSLER liest eine Studie „über Naturgeschichte der alten Inder.“

5. Herr C. KUPFFER berichtet über eine Abhandlung des Herrn A. A. BÖHM „über die Befruchtung des Neunaugeneies.“

Digitized by Google

Bestimmung der Selbstinduction eines Leiters mittels inducirter Ströme.

Von Friedrich Kohlrausch.

(Eingelaufen 5. Februar.)

Bei Gelegenheit einer Widerstandsbestimmung mit inducirten Strömen habe ich früher eine Erscheinung erwähnt,[1]) welche bei geeigneter Stromverzweigung eintritt, wenn in einem der Zweige Selbstinduction stattfindet. Eine Galvanometernadel macht während des Inductionsstosses eine Zuckung, welche, als Wirkung der beiden entgegengesetzt gleichen Extraströme des anwachsenden und abfallenden inducirten Stromes, keine Endgeschwindigkeit hat und sich deswegen scharf beobachten lässt. Die Grösse dieses „Extraweges" lässt sich, wie man leicht sieht, zur Bestimmung der Selbstinductionsconstante verwerten. Das Verfahren ist in mancher Hinsicht bequemer als die Anwendung des Schliessungs- oder Oeffnungs-Extrastromes einer Säule, bei welcher die Grösse des Nadelausschlages im allgemeinen von einem Reste des constanten Stromes mit bedingt wird. Der letztere aber lässt sich nur sehr schwer ganz beseitigen, da Thermoströme, Widerstandsänderung durch die Wärme und der Extrastrom selbst eine genaue Regulirung erschweren.

Man kann natürlich hier wie dort Differentialgalvanometer oder Wheatstone'sche Brücke verwenden.

1) Pogg. Ann. Bd. 142 S. 418, 1871.

Digitized by Google

STANFORD LIBRARY

Bestimmung mit dem Differentialgalvanometer. Der Stromstoss eines Weber'schen Magnetinductors — Drahtspule mit verschiebbarem Magnet — oder auch eines Inductionsapparates mit Unterbrechung des primären Stromes wird verzweigt: einerseits dureh den Widerstand w, dessen Selbstinductionscoefficient Π gemessen werden soll und durch die eine Hälfte eines Differentialmultiplicators, andererseits durch einen ebensogrossen Widerstand ohne Selbstinduction und durch die andere Hälfte des Multiplicators in entgegengesetzter Richtung. Dass die Widerstände gleich sind, ist vorher mit einer constanten Stromquelle an dem Platze des Inductors daran erkannt worden, dass der constante Strom die Nadel nicht ablenkte.

Geht der Inductionsstoss durch die Leitung, so erfolgt eine plötzliche Verschiebung der Nadel. Wir nehmen an, dass der Inductionsstoss in einer gegen die Schwingungsdauer der Nadel sehr kurzen Zeit ausgeführt wird; dann ist die Grösse dieser Verschiebung von der Dauer des Stosses unabhängig und lässt sich scharf von den langsamen gewöhnlichen Schwingungen trennen. Besonders wenn man die Stösse rasch nacheinander in entgegengesetzter Richtung ausführt, wobei entgegengesetzte Zuckungen der Nadel erfolgen, ist dies der Fall.

Das Gesetz dieser Bewegung findet sich folgendermassen. W sei der Widerstand, E die el. Kraft des Inductors zu irgend einer Zeit t, γ der Widerstand jeder Multiplicatorhälfte. Wenn weiter i_0 die Stromstärke in dem Zweige mit Selbstinduction, i_1 diejenige in dem anderen Zweige bedeutet, so ist

$$(i_1 - i_0)(w + \gamma) = \Pi \frac{di_0}{dt},$$

oder

$$i_1 - i_0 = \frac{\Pi}{w + \gamma} \frac{di_0}{dt}. \qquad (1)$$

Digitized by Google

Dieser Stromüberschuss in der einen Multiplicatorhälfte gibt der Nadel eine Beschleunigung

$$\frac{d^2x}{dt^2} = C(i_1 - i_0) = \frac{\Pi}{w+\gamma} C \frac{di_0}{dt},$$

wo C eine Constante des Galvanometers bedeutet. War die Nadel bei dem Beginne des Stosses in Ruhe, so folgt weiter

$$\frac{dx}{dt} = \frac{\Pi}{w+\gamma} C i_0.$$

Also zu Ende des Inductionsstosses ist diese Geschwindigkeit $= 0$, weil dann $i_0 = 0$ wird; während des Stosses aber findet eine Gesammtverschiebung x' statt

$$x' = \frac{\Pi}{w+\gamma} C \int i_0 dt. \qquad (2)$$

Nun ist $i_0 = E/(2W + w + \gamma)$,

also

$$\int i_0 dt = \frac{1}{2W + w + \gamma} \int E dt.$$

Man erhält also [1])

$$x' = \frac{\Pi}{w+\gamma} \frac{1}{2W + w + \gamma} C \int E dt. \qquad (3)$$

1) Die strenge Entwicklung dieser Formeln muss auf die Inductionen in den anderen Zweigen Rücksicht nehmen.

Es seien Π_0 bez. Π' die Selbstinductionscoefficienten der Inductorrolle bez. jeder Multiplicatorhälfte, Π'' der Coefficient der einen Hälfte auf die andere. Wenn J die Stromstärke zur Zeit t im Inductor, so ist

$$WJ + (w+\gamma) i_0 = E - \Pi_0 \frac{dJ}{dt} - \Pi' \frac{di_0}{dt} + \Pi'' \frac{di_1}{dt} - \Pi \frac{di_0}{dt}$$

$$WJ + (w+\gamma) i_1 = E - \Pi_0 \frac{dJ}{dt} - \Pi' \frac{di_1}{dt} + \Pi'' \frac{di_0}{dt}.$$

Subtraction ergibt

$$(w+\gamma)(i_1 - i_0) = \Pi \frac{di_0}{dt} - (\Pi' + \Pi'') \frac{d(i_1 - i_0)}{dt},$$

Digitized by Google

Um $C\int E\,dt$ zu bestimmen, sendet man unter Einschaltung eines hinreichend grossen bekannten Widerstandes R einen vollen Inductionsstoss durch die eine Galvanometer-

---

also
$$\int (i_1 - i_0)\,dt = \frac{\Pi i_0 - (\Pi' + \Pi'')(i_1 - i_0)}{w + \gamma}. \qquad [1]$$

Wenn zur Zeit t die Verschiebung der Nadel aus der Ruhelage $= x$ ist, und wenn p und q Constanten der Nadelbewegung sind, so hat man

$$\frac{d^2x}{dt^2} + p\frac{dx}{dt} + qx = C(i_1 - i_0).$$

Integration ergibt

$$\frac{dx}{dt} + px + q\int x\,dt = C\int (i_1 - i_0)\,dt = \frac{C}{w+\gamma}[\Pi i_0 - (\Pi' + \Pi'')(i_1 - i_0)].$$

Nochmals integrirend erhält man

$$x + p\int x\,dt + q\int dt\int x\,dt =$$

$$= \frac{C}{w+\gamma}\left[\Pi\int i_0\,dt - (\Pi' + \Pi')\int (i_1 - i_0)\,dt\right].$$

Die Integrale mit dt links verschwinden, wenn der Inductionsstoss in sehr kurzer Zeit ausgeführt wird. Zum Schluss des Stosses ist ferner nach [1] auch $\int (i_1 - i_0)\,dt = 0$, weil dann i_0 und $i_1 = 0$ werden, so dass als die ganze Verschiebung x' während des Inductionsstosses herauskommt, so, wie im Texte angegeben:

$$x' = \frac{\Pi}{w+\gamma} C\int i_0\,dt. \qquad [2]$$

i_0 selbst setzt sich zusammen aus den drei Teilen $E/(2W + w + \gamma)$, $K_0\,di_0/dt$ und $K_1\,di_1/dt$, wo K_0 und K_1 die Inductionscoefficienten und die Widerstände enthalten. Es ist also

$$\int i_0\,dt = \frac{1}{2W + w + \gamma}\int E\,dt + K_0 i_0 + K_1 i_1.$$

Die beiden letzten Glieder aber sind zum Schlusse des Stosses wieder gleich Null, womit Gleichung 3 bewiesen ist.

Digitized by Google

hälfte. Die Stromstärke zur Zeit t ist $i = E/(R + W + \gamma)$, woraus die Nadelbeschleunigung

$$\frac{d^2x}{dt^2} = Ci = \frac{CE}{R + W + \gamma}$$

und die Nadel-Geschwindigkeit am Ende des Stosses

$$u = \frac{C}{R + W + \gamma} \int E dt. \tag{4}$$

Vermöge dieser Geschwindigkeit erfolge der Ausschlag x, während k das Dämpfungsverhältnis und $\Lambda = \log$ nat k das natürliche log. Decrement bei diesem Versuche und τ die Schwingungsdauer der ungedämpften Nadel bedeute. Setzt man

$$k^{\frac{1}{\pi} \operatorname{arc\,tg} \frac{\pi}{\Lambda}} = S, \tag{5}$$

so ist bekanntlich

$$u = x \frac{\pi}{\tau} S = \frac{C}{R + W + \gamma} \int E dt$$

und

$$C \int E dt = x \frac{\pi}{\tau} (R + W + \gamma) \cdot S. \tag{6}$$

Dies endlich in (3) eingesetzt, erhält man

$$\Pi = \frac{x'}{x} \frac{\tau}{\pi} (w + \gamma) \frac{2W + w + \gamma}{R + W + \gamma} \frac{1}{S}. \tag{7}$$

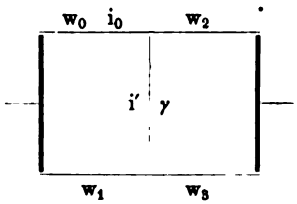
Man braucht also, um den Selbstinductionscoefficienten Π zu bestimmen, ausser den Ausschlägen x' und x und den Widerständen W und $w + \gamma$ die Schwingungsdauer τ und die aus einigen Schwingungen hinreichend genau abzuleitende Grösse S.

Von nicht vollkommener Gleichheit der Galvanometerhälften wird man unabhängig, wenn man eine zweite Bestimmung von Π mit vertauschten Multiplicatoren ausführt und das Mittel nimmt.

Digitized by Google

Anstatt des Differentialmultiplicators und einfachen Inductors kann man auch einen einfachen Multiplicator und einen Differentialinductor anwenden. Verfahren und Gleichungen bleiben ungeändert; W bedeutet aber jetzt den Widerstand des Multiplicators, w denjenigen eines Inductorzweiges.

Brückenverbindung. Der Strom des Inductors vom Widerstande W werde durch die Widerstände w_0 w_1 w_2 w_3 verzweigt. Man hat vorher die Widerstände so abgeglichen, dass ein constantes Element an Stelle des Inductors am Galvanometer γ keinen Ausschlag gibt, so dass $w_0 w_3 = w_1 w_2$ ist.



w_0 sei derjenige Leiter, dessen Selbstinductionscoefficient Π gesucht wird; w_1 w_2 w_3 seien frei von Selbstinduction.

Die el. Kraft E erzeugt in w_0 einen Strom i_0, der mit Rücksicht auf die Beziehung $w_0 w_3 = w_1 w_2$ gefunden wird

$$i_0 = E \frac{w_3}{W w_2 + w_3 (W + w_0 + w_2)}. \qquad (8)$$

Die el. Kraft der Selbstinduction in w_0 ist, ohne Rücksicht auf das Vorzeichen, $= \Pi \, di_0/dt$. Da der Inductorzweig W als correspondirender Zweig zu der Brücke keinen Einfluss auf die Stromstärke im Galvanometer hat, so kann man die letztere gleich hinschreiben

$$i' = \Pi \frac{di_0}{dt} \frac{w_2 + w_3}{(w_0 + w_1)(w_2 + w_3) + \gamma (w_0 + w_1 + w_2 + w_3)}.$$

Mit Rücksicht auf $w_0 w_3 = w_1 w_2$ und unter Einsetzung des Wertes für i_0 aus Gl. 8, wenn man zugleich

$$\frac{W w_2 + w_3 (W + w_0 + w_2)}{w_3} \cdot \frac{\gamma w_2 + w_0 (\gamma + w_2 + w_3)}{w_2} = Q \qquad (9)$$

Digitized by Google

setzt, kann man hierfür schreiben

$$i' = \frac{\Pi}{Q}\frac{dE}{dt}.$$

Gerade wie früher findet sich hieraus, wenn man $d^2x/dt^2 = Ci'$ setzt, dass die Nadel während eines rasch ausgeführten Inductionsstosses eine Zuckung x' ohne Endgeschwindigkeit macht [1])

$$x' = \frac{\Pi}{Q} C \int E dt. \qquad (10)$$

$C\int E dt$ wird wie vorhin (S. 6) bestimmt, indem man den Inductionsstoss unter Einschaltung eines hinlänglich grossen bekannten Widerstandes R ungeteilt durch das Galvanometer sendet. Die vorher ruhende Nadel macht hierdurch den Ausschlag x. Dann gilt Gleichung 5 und 6 und man erhält aus (10)

$$\Pi = \frac{x'}{x}\frac{\tau}{\pi}\frac{1}{R + w + \gamma}\frac{Q}{S}. \qquad (11)$$

Wurde $w_2 = w_3$ gemacht, so erhält Q den einfacheren Wert $Q = (2W + w_0 + w_2)\,(\gamma\frac{w_0 + w_2}{w_2} + 2w_0)$.

Die Ausschläge x und x' werden einfach in Scalenteilen an derselben Scala ausgedrückt. An grösseren Ausschlägen x bringt man, durch Subtraction von $11/32 \cdot x^3/A^2$ (A = Scalenabstand) die bekannte Correction auf den Sinus des halben Ausschlagswinkels an.

Soll die Selbstinductionsconstante mit grosser Genauigkeit gemessen werden, so werden die von Maxwell, Lord

1) Die vollständige Entwicklung mit Rücksicht auf die anderen Selbstinductionen lässt sich ähnlich wie S. 5 ausführen und zeigt, dass diese Umstände keinen Einfluss ausüben.

Digitized by Google

Rayleigh und Schuster, H. Weber, Dorn, Herwig gebrauchten Methoden der Unterbrechung und Schliessung eines constanten Stromes in geübter Hand wohl der hier beschriebenen überlegen sein, aber nur wenn man ausser grosser Geduld noch über sehr günstige Verhältnisse verfügt. Zu den letzteren gehören constante Zimmertemperatur, Widerstände die sich nicht durch den Strom erwärmen, widerstandsfreie verschiebbare Contacte und constante Elemente.

Kommt es, wie hier ja häufig, nur auf eine Genauigkeit von einem oder einigen Procenten an, so wird man die Anwendung des Inductors weit bequemer und auch einwurfsfreier finden, als diejenige von constanten Elementen; denn die Widerstände brauchen bei uns nicht mit einer so peinlichen Sorgfalt abgeglichen zu werden, wie dort.

Digitized by Google

Ueber die Herstellung sehr grosser genau bekannter elektrischer Widerstandsverhältnisse und über eine Anordnung von Rheostatenwiderständen.

Von Friedrich Kohlrausch.

(Eingelaufen 5. Februar.)

In der Galvanometrie liegt oft die Aufgabe vor, einen Strom in zwei sehr verschiedene Teile zu verzweigen. Insbesondere wird dies z. B. oft bei der Zurückführung der Constante eines empfindlichen Multiplicators auf diejenige eines Normalgalvanometers verlangt, welche von Dorn auch für die absolute Widerstandsbestimmung vorgeschlagen worden ist. Mir lag zum Beispiel die Herstellung eines Zweigverhältnisses von etwa 1 : 1000 vor. Soll nun ein solches Verhältnis selbst auf seinen 10000ten Teil sicher bekannt sein, so bietet die Anwendung eines gewöhnlichen Rheostaten grosse Schwierigkeiten. Es ist insbesondere fast unmöglich, das Verhältnis stets in kurzer Zeit mit der oben geforderten Genauigkeit zu controliren, was doch wegen der entwickelten Stromwärme und sonstiger Ursachen von Temperaturschwankungen gefordert sein kann.

Es gibt nun ein sehr einfaches Mittel, Widerstandsverhältnisse vom Betrag 16 81 256 625 1296 u. s. w., überhaupt vom Betrage n^4, wenn n eine ganze Zahl ist, mit jeder Genauigkeit, welche uns überhaupt für Widerstandsvergleichungen möglich ist, herzustellen und jederzeit durch eine einmalige Vergleichung zweier nahe gleicher Widerstände

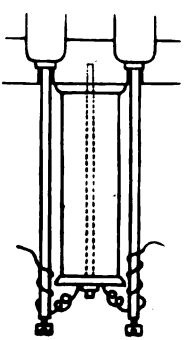
Digitized by Google

zu bestimmen. Es seien nämlich gegeben: erstens n gleiche Widerstände w; zweitens n gleiche Widerstände W, und es sei W nahe gleich $n^2 \cdot w$. Schaltet man die w hintereinander, die W nebeneinander, so entstehen nahe gleiche Widerstände, nämlich $n \cdot w$ und W/n, die man nach einer der bekannten Methoden genau vergleichen kann. Man finde hierbei $\frac{W}{n} = n w (1 + \delta)$. Schaltet man alsdann die w neben- und die W hintereinander, so hat man jetzt einerseits den Widerstand w/n, andrerseits $n W = n^3 w (1 + \delta)$. Das Verhältnis beider zu einander ist $n^4 (1 + \delta)$.

Hierbei wird nicht etwa genaue Gleichheit aller Widerstände einer Gruppe verlangt, sondern die Unterschiede dürfen einige Promille betragen, ohne dass das Resultat für irgend einen noch so exacten Zweck merklich beeinträchtigt würde.

Die erforderliche einzige Vergleichung ist binnen einer Minute auszuführen, wenn sie instrumentell vorbereitet ist.

Ausser dieser einfachsten Weise lässt sich die Hinter- und Nebenschaltung von Widerständen natürlich sehr oft verwerten uud ist jedenfalls schon oft angewendet worden. Zum Zwecke der Bequemlichkeit, Vielseitigkeit und Genauigkeit habe ich folgende Anordnung eines Rheostaten getroffen, dessen mechanische Ausführung Herr Siedentopf in Würzburg besorgt hat.



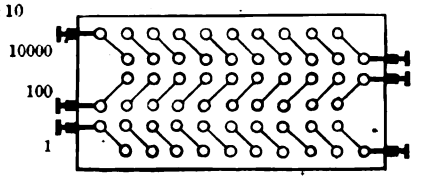
Je zehn Widerstände von je 1 Ohm, 100 Ohm und 10000 Ohm (Drahtstärke 1,2, 0,5 und 0,1 mm) sind in drei Reihen unter einer 2 cm dicken Hartkautschukplatte angebracht. Jeder Widerstand endet in zwei Quecksilbernäpfe, welche in die Platte gut eingepasst sind. Damit das Quecksilber sich nicht über die Ränder zieht, bestehen die Näpfe aus Stahl. Nachdem dieselben unterhalb und etwa bis zu $^2/_3$ Höhe innerhalb

Digitized by Google

dünn verzinnt sind, lassen sich die kupfernen Zuleitungsstifte (4 mm Durchmesser) mit ihren oben verbreiterten Endflächen sicher unterlöten und schliesslich die Näpfe innen gut amalgamiren und aussen lackiren.

Die Hartkautschukplatte sitzt wie bei dem Siemens'schen Rheostaten als Deckel auf einem Holzkasten.

Die Anordnung der Näpfe auf dem Deckel s. nebenstehend, wobei die schrägen Verbindungslinien die 30 Widerstände andeuten. Die Hinter- oder Nebenschaltung wird durch amalgamirte



Kupferbügel von 6 cm Länge und 5,5 mm Durchmesser bewirkt. Ein solcher Bügel hat etwa 0,00005 Ohm Widerstand. Diese Zahl lässt sich hinreichend genau ermitteln, da man eine grosse Zahl von Bügeln (60) hintereinanderschalten kann.

Es ist kaum nötig zu zeigen, wie man mit diesem Rheostaten sehr verschiedene Widerstandsverhältnisse herstellen kann. Selbst ein Verhältnis ungefähr $1 : 10^6$ (nämlich $\left[\frac{1}{10}\right] : \Sigma 10000$) lässt sich in wenigen Minuten mit der vollen Genauigkeit controliren, welche überhaupt für Widerstandsvergleichungen möglich ist, d. h. ohne Mühe auf 0,0000000001. (Ueber den Einfluss der Kupferbügel s. weiter unten.)

Als ein Beispiel will ich die Prüfung des Verhältnisses 1 : 1000 ausführen, welches als 0,1 : 100, 1 : 1000, 10 : 10000 oder 100 : 100000 hergestellt werden kann. Ich will 10 : 10000, d. h. die Hunderter nebeneinander zu einem der Zehntausender nehmen.

Um das wirkliche Verhältnis zu bestimmen vergleicht man die nebengeschalteten Zehntausender, $\left[\frac{10000}{10}\right]$ genannt,

Digitized by Google

mit den hintergeschalteten Hundertern $\Sigma[100]$ und sodann den zur Verwendung kommenden Zehntausender 10000_0 mit den übrigen $10000_1 \ldots\ldots 10000_9$.

Die erstere Vergleichung ergebe

$$\left[\frac{10000}{10}\right] = \Sigma[100] + \Delta.$$

Dann ist $\Sigma[10000] = 10000 \cdot \left(1 + \frac{1}{1000}\Delta\right) \times \left[\frac{100}{10}\right]$.

Weiter sei gefunden

$$10000_1 = 10000_0 + \delta_1 \quad 10000_2 = 10000_0 + \delta_2 \ldots\ldots$$
$$10000_9 = 10000_0 + \delta_9.$$

Wir setzen $\delta_1 + \delta_2 + \ldots + \delta_9 = \Sigma\delta$.

Dann ist offenbar

$$\Sigma[10000] = 10 \cdot 10000_0 + \Sigma\delta$$

oder $$10000_0 = \frac{1}{10}\left(1 - \frac{1}{100000}\Sigma\delta\right) \times \Sigma[10000].$$

Für $\Sigma[10000]$ den oben gefundenen Wert gesetzt, erhält man

$$10000_0 = 1000\left(1 + \frac{1}{1000}\Delta - \frac{1}{100000}\Sigma\delta\right) \times \left[\frac{100}{10}\right].$$

Das gesuchte Widerstandsverhältnis ist also

$$10000_0 : \left[\frac{100}{10}\right] = 1000\left(1 + \frac{1}{1000}\Delta - \frac{1}{100000}\Sigma\delta\right).$$

Weiter wurde das Zweigverhältnis 1 : 900 verlangt. Man schaltete neun von den Zehntausendern hintereinander und nun diese Summe mit dem zehnten Zehntausender nebeneinander. Dies repräsentirt 9000 Ohm, welche gegen die nebengeschalteten Hunderter das gewünschte Verhältnis geben. Die Correctionen sind ähnlich wie oben.

Digitized by Google

Alle erforderlichen Vergleichungen lassen sich mittels eines Interpolationsverfahrens in weniger als 5 Minuten ausführen. Dies ist für feine Messungen von Bedeutung, denn andernfalls lässt die unvermeidliche Temperaturänderung sich nicht genau controliren.

Auch für gewöhnliche Rheostatenzwecke leistet diese Anordnung mehr als es auf den ersten Blick scheinen wird. Aus 10 gleichen Widerständen lassen sich nämlich innerhalb des Intervalles 1 zu 100 94 verschiedene Widerstände durch geeignete Combination herstellen.[1]) Die Hinzunahme der anderen Gruppen in Hinter- oder Nebenschaltung vermehrt die Anzahl der Combinationen natürlich noch sehr vielfach, so dass man die meisten Widerstände genähert zur Verfügung hat. Eine übersichtliche Tabelle für die möglichen Combinationen ist leicht aufzustellen.

Es kann natürlich gar nicht die Rede davon sein, die bequeme Siemens'sche Anordnung für die gewöhnlichen Zwecke zu ersetzen; aber wenn die Genauigkeit sehr weit

1) Die Hunderter liefern z. B. unter Weglassung späterer Dezimalen

10,0	53,3	112	175	267	375	533
11,1	58,3	114	183	270	383	550
12,5	62,5	117	200	275	400	583
14,3	64,3	120	208	283	417	600
16,7	66,7	125	212	300	420	625
20,0	70,0	133	214	314	425	633
25,0	75,0	145	217	317	433	650
33,3	83,3	150	220	320	450	700
40,0	91,7	153	225	325	467	733
41,7	100,0	158	233	333	475	750
45,0	103,3	164	250	350	483	800
47,6	108,3	167	253	358	500	850
50,0	111,1	170	258	367	520	900
				370	525	1000.

Die Einer geben alle Hundertel hiervon, die Zehntausender die hundertfachen Beträge.

Digitized by Google

getrieben werden soll, so wird unsere Anordnung erheblich mehr leisten können.

Vorteile der Anordnung. Die Widerstandsvergleichung verfügt über Mittel, welche denen der Wägung an Genauigkeit mindestens ebenbürtig sind; Rheostaten lassen sich auch mit derselben Genauigkeit abgleichen wie Gewichtsätze. Trotzdem ist man praktisch selten in der Lage, mittels des Rheostaten eine auf $^1/_{10000}$ verbürgte Widerstandsbestimmung ausführen zu können. Die Ursachen davon liegen bekanntlich in folgenden Umständen.

1) Die Temperatur der Drahtrollen folgt der Lufttemperatur nur langsam. Selbst mit Anwendung eines Thermometers im Kasten ist man bei unseren wechselnden Verhältnissen der Zimmertemperatur oft um 1^0 oder mehr unsicher. 2) Dieser Nachteil wird bedeutend erschwert dadurch, dass Rollen verschiedener Dicke und sonstiger Beschaffenheit eine ungleiche Temperaturverzögerung erleiden. 3) Die Ströme erwärmen die Rollen. Gegen die Anwendung sehr dicker Drähte sprechen die Hindernisse 1 und 2. 4) Die kleinen und die grossen Widerstände werden nicht aus derselben Drahtsorte hergestellt und zeigen factisch oft Unterschiede der Temperaturcoefficienten von 0,0001. Hieraus entspringen, wenn man die Unterschiede nicht beachtet, leicht relative Fehler bis zu $^1/_{1000}$. 5) Der Widerstand der Rollen ändert sich mit der Zeit und jedenfalls bei verschiedenen Drahtsorten und Wickelungen ungleich stark. 6) Die Stöpselschaltung, die vorzüglich ist, wenn eine Genauigkeit auf 0,001 Ohm genügt, muss sehr sorgfältig behandelt werden, wenn man 0,0001 Ohm anstrebt. Schon die grosse Temperaturausdehnung des Hartkautschuks, welche die Form der Löcher verändert, bedingt eine Fehlerquelle. 7) Hierzu kommen bei den älteren Anordnungen noch die unter Umständen beträchtlichen Fehler der Zuleitung durch gemeinsame Stifte, auf welche Dorn aufmerksam gemacht hat.

Digitized by Google

Die oben beschriebene Anordnung bietet offenbar folgende Vorzüge: Es gibt vor allem nur drei Gruppen verschiedener Rollen. In jeder Gruppe sind alle Rollen gleich beschaffen und dürfen bezüglich Temperaturverzögerung und Temperaturcoefficient als gleich betrachtet werden. Indem ferner für kleine Widerstände die Nebenschaltung verwendet wird, hat man den Vorteil einer grösseren Masse und trotzdem einer relativ grossen Oberfläche. Die Temperatur folgt der Umgebung rascher als bei Anwendung einzelner dicker Rollen, die Stromwärme ist vermindert.[1])

Dann aber kann man leichter als bei dem gewöhnlichen Rheostaten die Vergleichung der Widerstände untereinander ausführen. Ja, wenn der Rheostat einmal calibrirt worden ist, so genügt, um die temporären Störungen durch den Temperaturwechsel zu eliminiren, eine gegenseitige Vergleichung der 3 Gruppen, welche auf nur zwei Untersuchungen gleicher Widerstände zurückkommt, um alles vergleichbar zu machen.

Als letzter Vorteil der Anordnung bietet sich noch die Verwendbarkeit aller Widerstände einzeln oder in beliebiger gegenseitiger Verbindung dar. Die modernen galvanischen Messungsmethoden benutzen sehr oft Verzweigungen. Die Aufgabe z. B., eine Säule durch einen grossen Widerstand zu schliessen und an einen genau bekannten Teil der Schliessung eine Abzweigung anzulegen, die selbst wieder einen bekannten Widerstand enthält, lässt sich mit einem gewöhn-

---

1) Z. B. ist das aus den Einern nebeneinander hergestellte Zehntel äquivalent einem solchen aus Draht von 10 qmm Querschnitt, den man als Ganzes überhaupt kaum verwenden könnte. Will man einen Einer von grossem Querschnitt haben, so kann man 9 Einer zu 3 Gruppen von je 3 verbinden. — Der aus den 10 Hundertern gebildete Zehner verträgt einen Strom von 0,2 Am eine Viertelstunde lang, ohne sich um mehr als $^1/_{10000}$ zu ändern.

Digitized by Google

lichen Rheostaten nicht erfüllen,[1]) während bei unserer Anordnung eine ganz beliebige Combination möglich ist.

Auch Stöpsel kann man leicht ebenso anordnen; doch ist der Widerstand der Ueberleitung etwas grösser und unsicherer. Ich fand bei einem Siemens'schen Rheostaten den Widerstand eines Stöpsels etwa $= {}^1/_{6000}$, während derjenige eines amalgamirten Kupferbügels nur ${}^1/_{20000}$ Ohm betrug.

Formeln für Widerstände im Nebenschluss mit Rücksicht auf die Verbindungswiderstände.

Wenn auch die Bügelwiderstände sehr klein sind, so können sie bei der Verbindung kleiner Stücke doch merklich werden. Bei Hinterschaltung ist hierüber nichts zu bemerken, für Nebenschaltung will ich noch eine Formel geben, welche diesem Umstande Rechnung trägt.

Es mögen k gleiche Widerstände w im Nebenschluss verbunden sein. Jedes Verbindungsstück zwischen benachbarten Endpuncten habe den Widerstand γ, welcher gegen w klein sein soll. Die Zuleitung des Stromes geschehe am m^{ten} Widerstande von dem einen Ende des Systems gezählt, am m'^{ten} von dem anderen Ende gezählt.

Ebenso geschehe die Ableitung am n^{ten} bez. dem n'^{ten} Widerstande. Es ist also

$$m + m' = n + n' = k + 1.$$

Heisst allgemein das Potential an der Eintrittsstelle in einen der Zweigwiderstände V, an der Austrittsstelle P, so

1) Ich möchte in dieser Hinsicht eine kleine Aenderung der gebräuchlichen Anordnung vorschlagen, nämlich zwischen die einzelnen Dekaden (Zehntel und Einer, Einer und Hunderter u. s. w.) je eine Unterbrechung mit Stöpselloch einzuschieben und den anstossenden Klötzen besondere Klemmverbindungen zu geben. Die Rheostaten werden hierdurch viel ausgiebiger verwendbar.

Digitized by Google

ist die Stromstärke in diesem Zweige $= (V - P)/w$. Die ganze Stromstärke sei $= J$, so ist offenbar

$$J = \frac{1}{w} (\Sigma V - \Sigma P).$$

Nun bezeichne V_1 das Potential an der Eintrittsstelle des Hauptstromes in das System, P_1 dasjenige an der Austrittsstelle. Unter der Annahme, dass die Ueberleitungswiderstände γ als Correctionsgrössen behandelt werden können, werden die übrigen Potentiale an den Enden der nebengeschalteten Widerstände w leicht folgendermassen gefunden. Setzt man zur Abkürzung

$$i = \frac{J}{k},$$

so fliesst von der Eintrittsstelle V_1 aus nach derjenigen Seite, auf welcher noch $m-1$ Widerstände liegen, durch den nächsten Verbindungswiderstand γ ein Strom nahe gleich $(m-1)\,i$. Das Potential an der nächsten Eintrittsstelle in einen Widerstand w ist also $V_2 = V_1 - (m-1)\,i\gamma$. Von dort geht durch den zweiten Widerstand γ ein Strom nahe gleich $(m-2)\,i$. Das Potential an der zweitnächsten Eintrittsstelle in einen Zweigwiderstand ist also

$$V_3 = V_2 - (m-2)\,i\gamma = V_1 - [(m-1) + (m-2)]\,i\gamma$$

und so weiter bis zur letzten Stelle V_m. Man hat also

$$\begin{aligned}
V_1 &= V_1 \\
V_2 &= V_1 - (m-1)\,i\gamma \\
V_3 &= V_1 - [(m-1) + (m-2)]\,i\gamma \\
&\cdots\cdots\cdots\cdots \\
V_{m-1} &= V_1 - [(m-1) + (m-2) + \ldots + 2]\,i\gamma \\
V_m &= V_1 - [(m-1) + (m-2) + \ldots + 2 + 1]\,i\gamma.
\end{aligned}$$

Die Summe ist also

Digitized by Google

$$V_1 + V_2 + .. + V_m =$$
$$= m V_1 - [(m-1)^2 + (m-2)^2 + \ldots + 2^2 + 1^2]\, i\gamma$$
$$= m V_1 - \frac{m(m-1)(2m-1)}{6}\, i\gamma.$$

Ebenso erhält man nach der anderen Seite der Eintrittsstelle V_1 bis zum Potential $V_{m'}$

$$V_1 + V_{2'} + .. + V_{m'} = m' V_1 - \frac{m'(m'-1)(2m'-1)}{6}\, i\gamma.$$

Die ganze Summe der Potentiale V wird, da

$$m + m' - 1 = k,$$
$$\Sigma V = k V_1 - \frac{m(m-1)(2m-1) + m'(m'-1)(2m'-1)}{6}\, i\gamma.$$

Gerade so erhält man auf der Austrittsseite des Stromes

$$\Sigma P = k P_1 - \frac{n(n-1)(2n-1) + n'(n'-1)(2n'-1)}{6}\, i\gamma.$$

Die Stromstärke J wird hiernach erhalten

$$J = \frac{1}{w}(\Sigma V - \Sigma P) = \frac{k}{w}(V_1 - P_1)$$
$$- \frac{m(m-1)(2m-1) + .. + n(n-1)(2n-1) + ..}{6w}\, i\gamma.$$

Ersetzt man hierin i wieder durch J/k, so wird

$$J\left(\frac{w}{k} + \frac{\gamma}{6k^2}\begin{bmatrix} m(m-1)(2m-1) + m'(m'-1)(2m'-1) \\ + n(n-1)(2n-1) + n'(n'-1)(2n'-1) \end{bmatrix}\right)$$
$$= V_1 - P_1.$$

Bezeichnet man den Gesammtwiderstand des Systems mit W, so bedeutet dies die Beziehung

$$JW = V_1 - P_1.$$

Daher ist der Faktor von J in obiger Gleichung = W, also

Digitized by Google

$$W = \frac{w}{k} + \frac{\gamma}{6k^2}\left[\begin{matrix} m(m-1)(2m-1) + m'(m'-1)(2m'-1) \\ +n(n-1)(2n-1) + n'(n'-1)(2n'-1)\end{matrix}\right].$$

Oder auch, weil $m + m' = n + n' = k + 1$ ist,

$$W = \frac{w}{k} + \gamma\,\frac{(k+1)(2k-3m-3n+1) + 3(m^2+n^2)}{3k}.$$

Da w/k den Widerstand des Ganzen ohne Rücksicht auf die Ueberleitungswiderstände bedeutet, so gibt das zweite Glied die von den letzteren herrührende Zunahme des Gesammtwiderstandes an.

In dem speciellen Falle, dass die Strom-Zuleitung und Ableitung in die äussersten Verzweigungsstellen erfolgt, und zwar gleichgiltig ob an demselben oder an entgegengesetzten Enden, ist $m = n = k$, $m' = n' = 1$ und man hat

$$W = \frac{w}{k} + \gamma\,\frac{(k-1)(2k-1)}{3k}.$$

Wird in der Mitte zu- und abgeleitet, so ist $m = m' = n = n' = \frac{1}{2}(k+1)$ und es wird

$$W = \frac{w}{k} + \gamma\,\frac{k^2-1}{6k}.$$

Für eine grosse Anzahl k von nebengeschalteten Widerständen ist das Correctionsglied also bei Zuleitung in der Mitte 4 mal kleiner als bei Zuleitung an den Enden.

Bei unserem Rheostaten wird, wenn man alle Widerstände nebeneinander verbindet, die Correction in ihrem grösstmöglichen Betrage = 0,00028 Ohm, kommt also bei den Einern allerdings noch in Betracht.

Digitized by Google

Digitized by Google

Ueber die Berechnung der Fernwirkung eines Magnets.

Von Friedrich Kohlrausch.

(Eingelaufen 5. Februar.)

Wenn man, um den Erdmagnetismus oder den Magnetismus eines Stabes zu bestimmen, ein Magnetometer nach den Gauss'schen Vorschriften aus mehreren Entfernungen ablenkt, so genügt die Beobachtung aus zwei Entfernungen und die Rechnung nach der Gauss'schen Formel nicht immer den Ansprüchen an die Genauigkeit. Eine dritte Entfernung hinzuzunehmen ist aber mindestens in der Beobachtung und Rechnung umständlich; ohne besondere Vorsicht kann man dadurch sogar zu grösserer Ungenauigkeit geführt werden.

Ich glaube, dass eine kleine Abänderung der Rechnung für den Fall, dass man mit einer kurzen Magnetometernadel arbeitet, diesen Uebelstand grossenteils beseitigen kann.

Ein gestreckter Magnet sei dadurch definirt, dass er auf dem Längenelement dx die Menge $f(x)\,dx$ freien Magnetismus habe. x werde von der Mitte an gerechnet. Setzt man das über die ganze Länge ausgedehnte Integral

$$\int f(x)\, x^n\, dx = M_n, \qquad (1)$$

so wird die Kraft des Magnets auf einen Einheitspol im Abstande a von der Mitte des Magnets,

wenn der Pol in der verlängerten Axe des Magnets liegt (erste Gauss'sche Hauptlage)

$$k_1 = \frac{2M}{a^3}\left(1 + \frac{2}{a^2}\frac{M_3}{M} + \frac{3}{a^4}\frac{M_5}{M} \ldots\right); \qquad (2, 1)$$

Digitized by Google

wenn der Pol in der Senkrechten auf dem Mittelpunct der magnetischen Axe liegt (zweite Hauptlage)

$$k_{II} = \frac{M}{a^3}\left(1 - \frac{3}{2}\frac{1}{a^2}\frac{M_3}{M} + \frac{15}{8}\frac{1}{a^4}\frac{M_5}{M}\cdots\right).^{1)} \quad (2, II)$$

$M = \int f(x)\, x\, dx$ bedeutet das magnetische Moment des Stabes.

Wir nehmen andrerseits einen schematischen Magnet mit punctförmigen Polen an. l sei der Abstand dieser Pole von einander. Dann hat man bekanntlich

$$k_I = 2\frac{M}{a^3}\left(1 - \frac{1}{4}\frac{l^2}{a^2}\right)^{-2} = 2\frac{M}{a^3}\left(1 + \frac{1}{2}\frac{l^2}{a^2} + \frac{3}{16}\frac{l^4}{a^4}\cdots\right)$$

$$k_{II} = \frac{M}{a^3}\left(1 + \frac{1}{4}\frac{l^2}{a^2}\right)^{-1} = \frac{M}{a^3}\left(1 - \frac{3}{8}\frac{l^2}{a^2} + \frac{15}{128}\frac{l^4}{a^4}\cdots\right).$$

Will man den wirklichen Magnet in der Rechnung durch einen solchen schematischen Magnet ersetzen, so wählt man den Polabstand l so, dass das erste Correctionsglied mit a^{-2} dadurch den richtigen Wert bekommt. Man erhält also, und zwar für Wirkungen aus beiden Hauptlagen identisch, die Beziehung

$$l^2 = 4\frac{M_3}{M} \qquad l = 2\sqrt{\frac{M_3}{M}}.$$

Zugleich wollen wir aber auch denjenigen „Polabstand" berechnen, welcher das zweite Correctionsglied mit a^{-4} auf seinen richtigen Wert bringen würde. Zur Unterscheidung

---

1) Vgl. z. B. Lamont, Hdb. d. Erdmagnetismus, Berlin 1849, S. 22. Diese Formeln setzen bekanntlich voraus, falls der Stab nicht ganz symmetrisch magnetisirt ist, dass man denselben ausser der einen Beobachtung noch mit verkehrten Polen benutzt und aus den beiden in diesen Lagen ausgeübten Kräften das Mittel nimmt. Dies geschieht ja bei allen Messungen.

Digitized by Google

heisse dieser Polabstand l_2. Wir erhalten, wieder für beide Hauptlagen identisch

$$l_2^4 = 16\,\frac{M_5}{M} \qquad l_2 = 2\sqrt{\frac{M_5}{M}}.$$

Van Rees hat einige Magnete auf die Verteilung des freien Magnetismus untersucht.[1]) Er stellt seine Beobachtungen in der Weise dar, dass er das magnetische Moment des Stabelementes $dx = [a - b(\mu^x + \mu^{-x})]\,dx$ setzt. a, b und μ sind Constanten des Stabes, x ist der Abstand des betr. Längenelementes von der Stabmitte.

Die Dichte des freien Magnetismus auf dem Querschnitte x des Stabes findet man hieraus durch Differentiation, ohne Rücksicht auf das Vorzeichen

$$f(x) = b\varepsilon(\mu^x - \mu^{-x}),$$

wo $\varepsilon = \log\text{nat}\,\mu$ ist. Ausserdem bleibt an den Stabenden noch die Menge s freien Magnetismus

$$s = a - b(\mu^l + \mu^{-l}),$$

wo $l = \frac{1}{2}L$ die halbe Stablänge bedeutet.

Hieraus erhält man

$$\tfrac{1}{2}M = ls + \int_0^l x\,f(x)\,dx$$

$$= ls + b\left[l(\mu^l + \mu^{-l}) - \frac{\mu^l - \mu^{-l}}{\varepsilon}\right].$$

---

1) Van Rees, Pogg. Ann. Bd. 74 S. 219, 1848. Den ersten dieser Stäbe hat schon Riecke als Beispiel für seine theoretischen Untersuchungen über Magnetpole benutzt und die dem ersten Correctionsgliede entsprechende Grösse l berechnet. Wied. Ann. Bd. 8 S. 318. 1879.

Digitized by Google

$$\tfrac{1}{2} M_3 = l^3 s + \int_0^l x^3 f(x)\, dx$$

$$= l^3 s + b\left[\left(l^3 + \frac{6}{\varepsilon^2} l\right)\left(\mu^l + \mu^{-l}\right) - \left(\frac{3}{\varepsilon} l^2 + \frac{6}{\varepsilon^3}\right)\left(\mu^l - \mu^{-l}\right)\right]$$

$$\tfrac{1}{2} M_5 = l^5 s + \int_0^l x_5 f(x)\, dx$$

$$= l^5 s + b\Big[\left(l^5 + \frac{20}{\varepsilon^2} l^3 + \frac{120}{\varepsilon^4} l\right)\left(\mu^l + \mu^{-l}\right) - \left(\frac{5}{\varepsilon} l^4 + \frac{60}{\varepsilon^3} l^2 + \frac{120}{\varepsilon^5}\right)\left(\mu^l - \mu^{-l}\right)\Big].$$

Van Rees gibt die Constanten a, log b und log μ; ε und s sind hieraus berechnet.

Stab	Dicke cm	Länge cm	a	log b	log μ	ε	s
I	2,0	50,0	1,48648	9.69062-10	.01590	0,03661	0,06512
II	2,6	62,5	0,58646	8.97883	.02348	0,05406	0,05297
III	1,65	80,2	0,46658	8.14700	.03695	0,08508	0,03668.

Dies eingesetzt berechne ich die Polabstände l und l_2 und ihr Verhältnis zur Stablänge L

Stab	L cm	l cm	l_2	l/L	l_2/L	l_2/l
I	50,0	41,2	42,9	0,824 [1])	0,858	1,04
II	62,5	52,2	54,0	0,835	0,865	1,04
III	80,2	69,1	72,1	0,861	0,899	1,04.

Ich nehme noch die Verteilungsweisen $f(x) = c \cdot x$ oder $\pm c \cdot x^2$, $c \cdot x^3$, $\pm c \cdot x^4$, ohne besondere Pole an den Stabenden. Hierfür berechnet sich

1) Diese Zahl ist schon von Riecke berechnet worden.

Digitized by Google

f(x)	l/L	l_2/L	l_2/l
$c \cdot x$	0,775	0,809	1,04
$\pm c \cdot x^2$	0,816	0,841	1,03
$c \cdot x^3$	0,845	0,863	1,02
$\pm c \cdot x^4$	0,866	0,880	1,01.

Von den letzteren Formeln dürfte $c \cdot x^2$ sich durchschnittlich von der Wirklichkeit am wenigsten entfernen. Unter den Rees'schen Magneten weicht der Stab III, dessen Länge 50 mal die Dicke übertrifft, von den gebräuchlichen Formen stark ab.

Aus diesen Zahlenzusammenstellungen folgt zweierlei:

1) Für die den gewöhnlichen Verhältnissen nächststehenden Verteilungsweisen des Magnetismus in einem Stabe ist der aus dem ersten Correctionsglied abgeleitete „Polabstand" l nahe 0,83 = 5/6 der Länge L. Selbst beträchtliche Aenderungen in der Annahme der Verteilung lassen das Verhältnis in den Grenzen 4/5 und 7/8 bleiben. Die bisher ausgeführten Messungen von Polabständen durch Schneebeli, v. Helmholtz, Töpler, sowie von Hallock und mir haben in der That Werte innerhalb dieser Grenzen gegeben.

2) Der für das zweite Correctionsglied einzusetzende Polabstand l_2 weicht von dem aus dem ersten Gliede abgeleiteten nur wenig ab. Für genaue Rechnungen wird es wahrscheinlich stets genügen, l_2 um $^1/_{30}$ grösser zu nehmen als l. Für die weitaus häufigsten Zwecke aber wird dieser kleine Unterschied ganz unwesentlich sein [1]) und man kann

---

1) Bei Magnetometerablenkungen wird man die kleinste Entfernung a mindestens wohl gleich dem Vierfachen des Polabstandes setzen dürfen. Die Vernachlässigung des Gliedes mit l^4/a^4 kann hier einen Fehler von $^1/_{1000}$ bewirken und ist, wie schon Lamont bemerkte, keineswegs immer gestattet. Vgl. auch Riecke l. c. S. 325. Der Unterschied von $^1/_{10000}$ aber, der bei der Ersetzung von l_2 durch l entsteht, wird in den seltensten Fällen irgend eine Bedeutung haben.

Digitized by Google

beide Glieder mit dem für das erste geltenden Polabstande l berechnen.

3) Das letztere führt dann aber zu einer sehr übersichtlichen Berechnungsweise, denn es heisst, dass man punctförmige Pole annehmen darf. Somit würden die Fernwirkungen k nach den Formeln zu berechnen sein

1. HL. 2. HL.

$$k_I = 2\frac{M}{a^3}\left(1 - \tfrac{1}{2}\frac{l^2}{a^2}\right)^{-2} \qquad k_{II} = \frac{M}{a^3}\left(1 + \tfrac{1}{2}\frac{l^2}{a^2}\right)^{-3/2}. \quad (3).$$

Anwendung auf die Beobachtungen. Es werde zunächst die gewöhnliche Gauss'sche Anordnung vorausgesetzt, bei welcher die Ablenkungen φ_1 und φ_2 eines Magnetometers aus den zwei Abständen a_1 und a_2 beobachtet werden. Der Polabstand l' der Nadel sei hinreichend klein, dass Glieder über l'^2/a^2 nicht berücksichtigt zu werden brauchen.

Aus den Formeln 3 lässt sich leicht ableiten, dass man das Verhältnis des Stabmagnetismus M zum Erdmagnetismus H zu berechnen hat $M/H =$.

Erste HL. Zweite HL.

$$\tfrac{1}{2}\left\{\frac{a_1^2 - a_2^2}{\sqrt{\frac{a_1}{\mathrm{tg}\varphi_1}} - \sqrt{\frac{a_2}{\mathrm{tg}\varphi_2}}}\right\}^2 \qquad \left\{\frac{a_1^2 - a_2^2}{\mathrm{tg}\varphi_1^{-3/2} - \mathrm{tg}\varphi_2^{-3/2}}\right\}^{2/3}. \quad (4)$$

Man hat hier freilich nicht wie bei Gauss denselben Ausdruck für beide Lagen[1]), aber hierauf kommt doch in Anbetracht der grösseren Genauigkeit unserer Ausdrücke nichts an.

---

1) Gauss hat, vom Factor 1/2 abgesehen, für beide Fälle den Ausdruck $M/H = (a_1^5 \mathrm{tg}\varphi_1 - a_2^5 \mathrm{tg}\varphi_2)/(a_1^2 - a_2^2)$.

Digitized by Google

Sollen die Polabstände aus diesem Versuche ein für allemal bestimmt werden, um künftig nur einer Beobachtung aus einem Abstande zu bedürfen, so findet man

$$\text{Erste HL.} \qquad l^2 - \tfrac{3}{2} l'^2 = 4 \frac{\sqrt{a_1^3 \operatorname{tg}\varphi_1} - \sqrt{a_2^3 \operatorname{tg}\varphi_2}}{\sqrt{\frac{\operatorname{tg}\varphi_1}{a_1}} - \sqrt{\frac{\operatorname{tg}\varphi_2}{a_2}}}$$

$$\text{Zweite HL.} \qquad l^2 - 4l'^2 = 4 \frac{a_1^2 \operatorname{tg}\varphi_1^{2/3} - a_2^2 \operatorname{tg}\varphi_2^{2/3}}{\operatorname{tg}\varphi_2^{2/3} - \operatorname{tg}\varphi_1^{2/3}}. \qquad (5)$$

Hieraus, oder wenn l und l' anderweitig bekannt sind [1]), findet sich aus einer zu dem Abstande a beobachteten Ablenkung φ

$$\text{Erste HL.} \quad \frac{M}{H} = \tfrac{1}{2} a^3 \operatorname{tg}\varphi \left(1 - \tfrac{1}{4} \frac{l^2 - \frac{3}{2} l'^2}{a^2}\right)^2$$

$$\text{Zweite HL.} \quad \frac{M}{H} = a^3 \operatorname{tg}\varphi \left(1 + \tfrac{1}{4} \frac{l^2 - 4l'^2}{a^2}\right)^{3/2}. \qquad (6)$$

Scheibenförmige Magnetnadeln. Magnetisirte vertical hängende Stahlspiegel sind für kleine Magnetometer bequem. Die Formeln 4 oder auch 5 und 6 im Zusammen-

1) Ist die Nadel nicht so kurz, dass man die höheren Glieder vernachlässigen darf, so werden auch für diese Correction am besten die Formeln benutzt (vgl. z. B. Riecke l. c. S. 325), die sich auf punctförmige Pole beziehen.

Es wird vorgeschlagen, den Polabstand aus den Convergenzpuncten der Kraftlinien des Magnets, die man mittels Eisenstaub bestimmt, zu ermitteln. Dies würde freilich bequem sein; aber um das Verfahren zu rechtfertigen, müsste zuerst nachgewiesen werden, dass die genannten Schnittpuncte praktisch für die Fernpole gesetzt werden können. Theoretisch ist dies bekanntlich im allgemeinen nicht der Fall.

Digitized by Google

hange kann man natürlich hier ohne weiteres anwenden. Hat man aber z. B. einen Magnetstab, dessen Polabstand anderweitig bekannt ist, so wird man wünschen, die Correction wegen der Ausdehnung der Magnetnadel selbständig zu kennen. Man wird dieselben für kleine Scheiben meistens genügend genau folgendermassen schätzen können.

Wir nehmen einen Kreis vom Halbmesser ϱ gleichförmig magnetisirt an. Der freie Magnetismus befindet sich dann auf dem Umfange des Kreises und das Längenelement ds des letzteren wird eine Menge $\pm c\,ds \cdot dy/ds = \pm c\,dy$ enthalten, wenn y den Abstand des Elementes ds von dem horizontalen Durchmesser der Scheibe bedeutet, welcher letztere die magnetische Axe darstellt. Das magnetische Moment der Scheibe ist dann

$$M' = \int_{-\varrho}^{\varrho} 2\sqrt{\varrho^2 - y^2}\, c\,dy = c\varrho^2\pi. \qquad (7)$$

Erste Hauptlage. Auf diese Nadel wirke ein Magnet, der im Abstande a von derselben in der Senkrechten auf ihrem Mittelpuncte liege. Die Kraft des Magnets auf einen Einheitspol im Mittelpuncte der Nadel sei $= k_1$. Die zur Scheibenebene senkrechte Componente der Kraft, welche der Magnet auf das Element $c\,dy$ des freien Magnetismus ausübt, ist dann, unter Vernachlässigung höherer Potenzen von ϱ/a, gleich [1])

$$k_1\left(1 - 3\frac{\varrho^2}{a^2}\right) c\,dy.$$

---

1) Der Magnet M werde in zwei Componenten $M\cos\varphi$ und $M\sin\varphi$ zerlegt, wo $\sin\varphi = \varrho/\sqrt{a^2+\varrho^2}$. Die erstere Componente übt aus 1. HL. eine Kraft auf ein magnetisches Teilchen 1 in der Peripherie des Kreises aus, die wir, weil in dieser Correction der Magnet als kurz betrachtet werden kann, schreiben dürfen $= 2M\cos\varphi \cdot (a^2+\varrho^2)^{-3/2}$. Die zur Scheibe senkrechte Componente dieser Kraft ist $2M\cos^2\varphi \cdot (a^2+\varrho^2)^{-3/2}$. Ebenso rührt von der anderen Magnetcomponente her $-M\sin^2\varphi \cdot (a^2+\varrho^2)^{-\frac{3}{2}}$. Beide zusammen geben also

Digitized by Google

Der Correctionsfactor $1 - 3\varrho^2/a^2$ ist offenbar für alle Puncte der Peripherie derselbe und muss also auch für das gesammte auf die Nadel ausgeübte Drehungsmoment gelten. Das letztere ist also gleich

$$k_I M' \left(1 - 3\frac{\varrho^2}{a^2}\right). \qquad (8\,I)$$

Zweite Hauptlage. Der Magnet steht senkrecht zum Meridian. Die vom Magnet auf einen Einheitspol im Mittelpuncte der Kreisscheibe ausgeübte Kraft heisse k_{II}. Ein Element freien Magnetismus $c\,dy$ oder $c\,dx \cdot x/\sqrt{\varrho^2 - x^2}$ mit der Abscisse x erfährt dann eine Kraft $=$

$$\varkappa = k_{II} \cdot c\,dx \frac{x}{\sqrt{\varrho^2 - x^2}} \frac{a^3}{(a^2 + \varrho^2 - 2ax)^{3/2}}.$$

Das in derselben Horizontalen gegenüberliegende ebensogrosse Element erhält die Kraft

$$\varkappa' = k_{II} \cdot c\,dx \frac{x}{\sqrt{\varrho^2 - x^2}} \frac{a^3}{(a^2 + \varrho^2 + 2ax)^{3/2}}.$$

Das von diesen beiden Teilen herrührende Drehungsmoment ist $= (\varkappa + \varkappa')\,x$, wofür man durch Reihenentwicklung findet

$$2 k_{II}\, c \left(1 - \tfrac{3}{2}\frac{\varrho^2}{a^2}\right)\left(1 + \frac{15}{2}\frac{x^2}{a^2}\right)\frac{x^2\,dx}{\sqrt{\varrho^2 - x^2}}.$$

Das Integral dieses Ausdruckes von $-\varrho$ bis ϱ genommen gibt das gesammte Drehungsmoment. Man findet mit erlaubten Kürzungen

$$k_{II} \cdot c\varrho^2 \pi \cdot \left(1 - \frac{3}{2}\frac{\varrho^2}{a^2}\right)\left(1 + \frac{45}{8}\frac{\varrho^2}{a^2}\right) = k_{II} \cdot M' \left(1 + \frac{33}{8}\frac{\varrho^2}{a^2}\right). \quad (8\,II)$$

$M(a^2 + \varrho^2)^{-\frac{1}{2}}(2\cos^2\varphi - \sin^2\varphi) = 2Ma^{-3}(1 - \frac{1}{2}\varrho^2/a^2)(1 - \frac{1}{2}\sin^2\varphi)$. Nun für $\sin\varphi$ seinen Wert eingesetzt und ϱ^4/a^4 vernachlässigt, erhält man $2Ma^{-3}(1 - 3\varrho^2/a^2)$.

Digitized by Google

Was die Grösse ϱ anlangt, so haben Hallock und ich gefunden, dass bei der Anwendung einer Stahlscheibe vom Durchmesser d in der Tangentenbussole der freie Magnetismus im Abstande $\varrho = 0{,}40 \cdot d$ von dem Mittelpuncte anzunehmen war[1]).

Man wird nicht weit fehlgreifen, wenn man diese Annahme auf unseren Fall überträgt. Thut man dies, so beträgt also der Correctionsfactor wegen der Dimensionen der Scheibe für das aus einem Abstande a durch einen Magnet ausgeübte Drehungsmoment

$$\begin{aligned} &\text{erste HL.} \quad 1 - 3\frac{\varrho^2}{a^2} = 1 - 0{,}48\frac{d^2}{a^2} \\ &\text{zweite HL.} \quad 1 + \frac{33}{8}\frac{\varrho^2}{a^2} = 1 + 0{,}66\frac{d^2}{a^2}, \end{aligned} \tag{9}$$

also die Coefficienten nahe gleich $^1/_2$ bez. $^2/_3$.

Vergleicht man diese Ausdrücke mit denjenigen für gestreckte Nadeln vom Polabstande l', nämlich $1 - {}^3/_4\, l'^2/a^2$ und $1 + {}^3/_2\, l'^2/a^2$, so sieht man $0{,}48\, d^2$ statt ${}^3/_4\, l'^2$ und $0{,}66\, d^2$ statt ${}^3/_2\, l'^2$ eintreten.

Man kann also die dort gegebenen Ausdrücke (Gl. 6) auch auf die Scheibennadeln vom Durchmesser d anwenden, wenn man als „Polabstand" einer Scheibennadel einsetzt

$$\begin{aligned} &\text{in erster HL.} \quad l' = 0{,}80 \cdot d \\ &\text{in zweiter HL.} \quad l' = 0{,}66 \cdot d. \end{aligned}$$

Diese Betrachtung beansprucht natürlich nichts weiter, als in Ermangelung exacter Angaben eine ungefähre Schätzung der für Scheibennadeln aus ihren Dimensionen entspringenden Correctionen zu geben. Für kleine Scheiben wird dieselbe häufig ausreichend genau sein.

---

1) Wied. Ann. Bd. 22 S. 411. 1884.

Digitized by Google

Katoptrische Eigenschaften der Flächen 2. Grades.

Von S. Finsterwalder.

(Eingelaufen 5. Februar.)

In einer Reihe von Untersuchungen[1]) hat Herr Staude die Focaleigenschaften der Flächen 2. Grades mit Zuhilfenahme der hyperelliptischen Integrale behandelt und dabei schöne Resultate, darunter namentlich eine neue und elegante Fadenconstruction des Ellipsoides, erhalten. Ich habe später gezeigt, dass sich diese Construction unter Benützung einfacher, der Optik entnommener Vorstellungen auf rein geometrischem Wege beweisen lässt und dann gleichsam als Ausfluss einer katoptrischen Eigenschaft der Flächen 2. Grades erscheint.[2]) Staude hat nun neuerdings auf eine weitere katoptrische Eigenschaft des Ellipsoides aufmerksam gemacht, deren erster Teil darin besteht, dass Strahlen, die von einem innerhalb des Ellipsoides gelegenen Punkte der Focalhyperbel ausgehen, sich nach dreimaliger Reflexion: zuerst an der (als spiegelnden Draht gedachten) Focalellipse, dann an der Focalhyperbel und endlich an der Innenseite des Ellipsoides wieder in Punkten der Focalellipse sammeln.[3]) Diese Eigenschaft beruht gleich jener früheren auf einem speciellen Fall eines sehr leicht zu beweisenden Satzes, mit dem sich der

1) Mathematische Annalen, Bd. XX u. XXI.
2) Mathematische Annalen, Bd. XXVI.
3) Mathematische Annalen, Bd. XXVII. pg. 417.

Digitized by Google

§ 1 der folgenden Untersuchung beschäftigt. Der § 2 soll die Anwendbarkeit dieses Satzes auf das in dieser Allgemeinheit noch nicht behandelte Problem der Reflexion eines Strahlenbündels an einer spiegelnden Fläche 2. Grades zeigen und die Erweiterung eines von Lindelöf für die Reflexion von Strahlen parallel zur Achse eines spiegelnden Ellipsoides gefundenen Satzes[1]) bieten. Im § 3 endlich wird durch Hereinziehung der bekannten, auf Quetelet und Malus zurückreichenden Construction einer Wellenfläche des Systems der reflectierten Strahlen der strenge Beweis dafür gegeben, dass gewisse, in § 2 auftretende Curven Rückkehrkanten der Brennfläche des Systems der reflectierten Strahlen sind. Damit ist ein erster Beitrag zur gestaltlichen Untersuchung jener Brennflächen geleistet.

§ 1.

1) Der Tangentialkegel K, welcher von einem Punkte P ausserhalb einer Fläche 2. Grades E an diese gelegt werden kann, hat die Normalen zu den drei zu E confocalen Flächen, die durch P gehen, zu Achsen und die Tangentialebenen in P an dieselben drei Flächen zu Hauptebenen.[2])

2) Wenn sich zwei Tangentialebenen eines Kegels 2. Ord. in einer Geraden einer der Hauptebenen des Kegels schneiden, so halbiert die zu dieser Hauptebene senkrechte Achse sowohl den Winkel der beiden Tangentialebenen, als auch den Winkel der beiden Berührlinien, mit welch' letzteren sie zugleich in einer Ebene liegt.

3) Berücksichtigt man, dass die Hauptebenen des Kegels K Tangentialebenen der drei zu E confocalen Flächen sind, so kann man den folgenden Satz aussprechen:

Zwei Tangentialebenen einer Fläche 2. Grades E, welche

1) Vergl. das Citat bei § 2., 1).

2) Vergl. Salmon-Fiedler Analytische Geometrie des Raumes. I. Teil. pg. 213.

Digitized by Google

sich in einer Tangente T einer zu E confocalen Fläche F schneiden, liegen symmetrisch zur Normale N auf F im Berührpunkte P von T.

Die Linien, welche P mit den Berührpunkten der Tangentialebenen an E verbinden, liegen mit N in einer Ebene und ihr Winkel wird von N halbiert.

4) Denken wir uns irgend eine developpable Fläche D_1 der Fläche E umschrieben und ihren Schnitt S mit einer zu E confocalen Fläche F aufgesucht. In jedem Punkte von S legen wir durch die zugehörige Tangente T die symmetrische Ebene zur Tangentialebene von D in Bezug auf die Normale N von F. Dieselbe wird, wie aus obigem, natürlich auch umkehrbaren Satze hervorgeht, ebenfalls die Fläche E berühren und die Gesammtheit der zu den Tangentialebenen von D_1 symmetrischen Ebenen umhüllt demnach eine zweite, der Fläche E umschriebene Developpable D_2. Beide Developpablen schneiden sich in der Curve S auf der Fläche F, und Erzeugende von D_1 und D_2, die sich in einem Punkte von S treffen, können zufolge der in obigem Satze (3) ausgesprochenen Symmetrie als ein Paar an F reflectierter Strahlen gelten. Hierauf folgt der Satz:

Werden die Erzeugenden einer Developpablen D_1, die einer Fläche 2. Grades E umschrieben ist, an einer zu E confocalen Fläche F reflectiert, so bilden sie nach der Reflexion wiederum eine Developpable D_2, die ebenfalls E umschrieben ist.

Man kann nun weiter schliessen, dass ein ganzes Strahlensystem, das E als einen Mantel der Brennfläche hat, und dessen Geraden sich demnach zu Developpablen ordnen lassen, die diesem Mantel umschrieben sind, bei Reflexion an F ein Strahlensystem liefert, von dem ein Mantel der Brennfläche wieder durch E gebildet wird. Ein Strahlensystem endlich, das zwei confocale Flächen zu Brennflächen hat, geht bei

Digitized by Google

Reflexion an einer dritten in sich selbst über. Dieser letztere Satz bildete den Ausgangspunkt meines Beweises für die Fadenconstruktion des Ellipsoides. Was nun die Eingangs erwähnte, von Herrn Staude gefundene, katoptrische Eigenschaft des Ellipsoides betrifft, so sei bemerkt, dass dieselbe einen Grenzfall des allgemeinen Satzes darstellt, bei dem abwechselnd die Ausgangsfläche E und die spiegelnde Fläche F in Focalcurven ausgeartet sind.

§ 2.

1) Der allgemeine Satz des § 1 verhilft uns zu einer Bestimmung der Brennflächen, die bei Reflexion eines Strahlenbündels an einer beliebigen Fläche 2. Grades entstehen. Es gelingt nämlich leicht, die Strahlen des Bündels in doppelter Weise so in Kegel zusammenzufassen, dass die Strahlen eines Kegels nach ihrer Reflexion an der spiegelnden Fläche eine Developpable bilden. In der That ist F die spiegelnde Fläche und P der leuchtende Punkt, so werden alle Tangentenkegel, die von P aus an die zu F confocalen Flächen gelegt werden können, die verlangte Eigenschaft haben. Diese Kegel bilden ein confocales System, dessen Brennstrahlen die Erzeugenden des durch P gehenden, zu F confocalen, einschaligen Hyperboloides sind. Sie schneiden auf der Fläche F das System katoptrischer Linien aus, welche die Fläche doppelt überdecken und längs welchen sich die reflectierten Strahlen zu Developpablen zusammenfassen lassen.[1]) Jede dieser Developpablen ist derselben zu F

---

1) Der Begriff der katoptrischen Linien findet sich zuerst bei Lindelöf („Note on caustics produced by reflexion." Report of the XXXth meeting of the British Association for the advancement of science held at Oxford 1860). Vergl. des Verfassers Inauguraldissertation: „Ueber Brennflächen und die räumliche Verteilung der Helligkeit bei Reflexion eines Lichtbündels an einer spiegelnden Fläche", pag. 11.

Digitized by Google

confocalen Fläche umschrieben, von der auch der zugehörige Kegel einfallender Strahlen berührt wird. Die katoptrischen Linien sind im Allgemeinen Raumcurven 4. Ordnung 1. Species, der Schnitt eines Kegels 2. Ordnung mit der spiegelnden Fläche. Die Klasse der Developpablen ist 14, da sie zusammen mit dem Kegel der einfallenden Strahlen das der katoptrischen Linie (8. Klasse) und der spiegelnden Fläche (2. Klasse) gemeinsam Umschriebene ausmacht. Den Hauptebenen des confocalen Systems der Kegel entsprechend, werden drei der katoptrischen Linien in Kegelschnitte ausarten. Die zugehörigen Developpablen sind demnach einem Kegelschnitt und einer Fläche 2. Ordnung umschrieben und daher von der 4. Klasse. Sie haben ausserdem die Ebene der einfallenden Strahlen als Doppelebene und sind daher von der 6. Ordnung. Die Berührcurve der Developpablen auf der Fläche 2. Ordnung ist umgekehrt von der 6. Klasse und 4. Ordnung und hat in dem leuchtenden Punkt einen Doppelpunkt.

2) Jede Developpable hat ihre Rückkehrkante auf der einen Schale der Brennfläche des Systemes der reflectierten Strahlen. Von den speciellen Developpablen 4. Klasse soll nun auch gezeigt werden, dass die vorhin erwähnten Curven 4. Ordnung, längs welcher sie die zugehörigen Flächen 2. Grades berühren, ebenfalls auf der Brennfläche liegen.

Die einfallenden Strahlen erfüllen nämlich in dem speciellen Falle eine Ebene A, welche die zu F confocale Fläche E im leuchtenden Punkte P berührt und auf F den Kegelschnitt C — eine specielle katoptrische Linie — ausschneidet. Der A nächstbenachbarte Kegel des confocalen Systems verläuft zu beiden Seiten der Ebene A und bestimmt in der Nachbarschaft des Kegelschnittes C zwei Zweige katoptrischer Linien, deren Distanz wir allenthalben als Unendlichkleines erster Ordnung annehmen können. Die zu F confocale Fläche E′, welche von diesem benachbarten Kegel berührt

Digitized by Google

wird, weicht von E nur um ein Unendlichkleines zweiter Ordnung ab. Sobald wir dieses vernachlässigen finden wir, dass die 3 Developpablen, welche von C und den nächstbenachbarten Zweigen katoptrischer Linien ausgehen, ein und dieselbe Fläche E berühren und, da sie selbst unendlich benachbart sind, sich auf dieser Fläche längs der Berührcurve R der C und E gemeinsam umschriebenen Developpablen schneiden. Die Curve R liegt dann notwendig auf der Brennfläche, als dem Ort der Schnittpunkte benachbarter Strahlen des Systems; ausserdem berühren sich längs ihr, die Brennfläche, die Fläche E und die specielle Developpable gegenseitig.

§ 3.

1) Die drei Berührcurven R, die den drei Hauptebenen des Systems der confocalen Kegel entsprechen, spielen auf der Brennfläche eine ausgezeichnete Rolle; sie sind, wie sich aus dem Vorhergehenden vermuten lässt und in dem Nachfolgenden bewiesen wird, Rückkehrkanten der Brennfläche. Um diesen Beweis zu führen, wollen wir einen andern Weg einschlagen.

Wenn man zu dem leuchtenden Punkt P die Gegenpunkte in Bezug auf alle Tangentialebenen der spiegelnden Fläche F aufsucht, so erfüllen diese eine neue Fläche W, welche die Eigenschaft hat, das System der von P ausgegangenen und an F reflectierten Strahlen normal zu durchsetzen. Die Brennfläche der reflectierten Strahlen ist demnach die Krümmungscentrafläche von W, und den katoptrischen Linien auf F entsprechen die Krümmungslinien von W.

Die Fläche W steht in engster Beziehung zur Fusspunktsfläche von F mit P als Pol. Beide sind ähnlich und Bezug auf P ähnlich liegend; die erstere dabei von doppelten Dimensionen wie die letztere.

Digitized by Google

Nach einem bekannten Satze[1]) ist die Fusspunktsfläche identisch mit der inversen der reciproken Fläche der Originalfläche, wenn bei der inversen und der reciproken Transformation dieselbe Kugel um P als Mittelpunkt zu grunde gelegt wird. Demnach kann die Fläche W durch folgende 3 Transformationen aus der Fläche F erzeugt werden: a) F geht durch eine reciproke Transformation an einer beliebigen Kugel um P als Mittelpunkt über in Σ; b) Σ geht durch eine inverse Transformation an derselben Kugel über in Π; c) Π geht durch eine Aehnlichkeitstransformation mit P als Centrum und dem Vergrösserungsverhältnis 2 : 1 über in W.

Die beiden letzten Transformationen führen die Krümmungslinien wieder in solche über. Die Krümmungslinien von W kommen demnach wesentlich auf die Krümmungslinien von Σ zurück. Die Fläche Σ ist in unserem Falle als reciproke Fläche der Fläche 2. Ordnung F eine solche zweiter Klasse und ihre Krümmungslinien sind bekannt. Ihnen entsprechen auf der Fläche F die katoptrischen Linien in der Art, dass den Punkten der Krümmungslinien auf Σ Tangentialebenen in Punkten der katoptrischen Linien auf F zugehören.

Unter den Krümmungslinien von Σ sind die Hauptschnitte ausgezeichnet. Sie werden durch das Polartetraeder bestimmt, das Σ und dem unendlich fernen Kugelkreis gemeinsam ist. Diesem Tetraeder entspricht vermöge der reciproken Transformation das gemeinsame Polartetraeder der Fläche F und des Kegels I, der von P nach dem unendlich fernen Kugelkreis geht. Eine Ecke des letzteren Tetraeders ist P selbst; dessen Gegenseite die Polarebene in Bezug auf F. Die drei anderen Seiten bilden das gemeinsame Polardreikant des Tangentialkegels K von P an F und des Kegels I. Es sind dies demnach die drei Hauptebenen des Kegels K und

1) Vergl. Salmon-Fiedler Analytische Geometrie des Raumes, II. Teil, pg. 246.

Digitized by Google

sie bestimmen die katoptrischen Linien auf F, welche den Hauptschnitten von Σ entsprechen.

Wir haben in § 2, 2) gefunden, dass denselben katoptrischen Linien ausgezeichnete Developpable 4. Klasse zugehören, deren Berührcurve R mit einer gewissen Fläche 2. Ordnung E auf der Brennfläche liegt.

2) Den Hauptschnitten von Σ entsprechen vermöge der inversen und der Aehnlichkeitstransformation gewisse sphärische Kegelschnitte auf W. Die Hauptschnitte von Σ haben die Eigenschaft, dass sich längs ihnen drei benachbarte Normalen, der zu ihnen senkrechten Krümmungslinien in einem Punkte schneiden, was zu einer Rückkehrkante der Brennfläche Anlass gibt. Diese Eigenschaft geht auch auf die sphärischen Kegelschnitte der Fläche W über, da sie identisch ist mit der Möglichkeit eine Wulstfläche zu finden, welche die gegebene Fläche längs einer Curve hyperosculiert und diese Möglichkeit bei einer inversen und Aehnlichkeitstransformation bestehen bleibt. Die drei sphärischen Kegelschnitte auf W sind also zunächst Krümmungslinien dieser Fläche; infolge dessen bilden auch die Normalen längs derselben je eine Developpable. Gleichzeitig aber schneiden sich auch die zu beiden Seiten derselben auf einer Krümmungslinie der anderen Schaar liegenden Nachbarnormalen in je einem Punkte dieser Developpablen und bestimmen so auf ihr eine Rückkehrkante R_1 der Centrafläche von W oder, was dasselbe ist, der zu suchenden Brennfläche. Die drei erwähnten Developpablen sind identisch mit den in § 2, 2) betrachteten, da sie ja durch Reflexion derselben einfallenden Strahlen entstehen. Ebenso müssen auch die Curven R, längs welchen jene Developpablen die Brennfläche berühren, identisch sein mit den Rückkehrkanten R_1 der Brennfläche, in welchen diese Developpablen ebenfalls die Brennfläche berühren.

Digitized by Google

3) Fassen wir endlich kurz zusammen, was sich aus dem Vorangehenden zur Construction der Brennfläche ergibt:

Ist eine spiegelnde Fläche zweiten Grades F und ein leuchtender Punkt P gegeben, so ordne man die von P ausgehenden Strahlen nach den Erzeugenden derjenigen Kegel, welche zum Tangentialkegel von P an F confocal sind. Diese Kegel schneiden die Fläche F nach dem System der katoptrischen Linien, längs welchen die reflectierten Strahlen Developpable bilden, die je einer zu F confocalen Fläche 2. Grades umschrieben sind. Den gemeinsamen Hauptebenen der Kegel entsprechen ausgezeichnete katoptrische Linien, die zu Rückkehrkanten der Brennfläche Anlass geben. Diese Rückkehrkanten sind die Berührcurven der zu den ausgezeichneten katoptrischen Linien gehörigen Developpablen mit einer der durch P gehenden, zu F confocalen Flächen zweiten Grades.

Schlussbemerkung. Der Satz der § 1 erlaubt uns, die für die einmalige Reflexion eines Strahlenbündels an einer Fläche 2. Grades entwickelten Theoreme nicht nur auf beliebig oft wiederholte Reflexionen an derselben Fläche, sondern auch noch an allen zu ihr confocalen Flächen (einschliesslich der Focalcurven) auszudehnen. Da ihm zufolge abwickelbare Flächen, die einer Fläche 2. Grades umschrieben sind, bei einer Reflexion an einer Confocalen ihren Charakter nicht ändern, so thun sie es auch nach beliebig vielen nicht und desshalb gelten die katoptrischen Linien der ersten Reflexion auch für beliebig oft wiederholte. Ja noch mehr: die Eigenschaft der speciellen Developpablen gemeinsam mit ihren beiden nächstbenachbarten ein und dieselbe Fläche 2. Grades zu berühren, bleibt auch nach wiederholten Reflexionen aufrecht erhalten

Digitized by Google

und damit auch die Vermutung, dass die Curven, in welchen jene Developpablen nach wiederholter Reflexion die Fläche 2. Grades berühren, Rückkehrkanten der neuen Brennfläche sind. Die strenge Begründung dieser Vermutung gelingt auf dem in § 3 eingeschlagenen Wege nicht, sie scheint vielmehr ebenso wie die endgiltige Bestimmung der Gestalt der Brennflächen einer analystischen Behandlung der Problems vorbehalten zu sein.

Digitized by Google

Ueber Naturgeschichte der alten Inder.

Eine Studie von Dr. Franz Hessler.

(Eingelaufen 5. Februar.)

Anknüpfend an die schon mitgetheilte Studie[1]): „Ueber Entwickelung und System der Natur" der alten Hindu, versuche ich hier einen kurzen allgemeinen Ueberblick der Naturgeschichte derselben, mit besonderer Rücksicht auf ihre Heilkunde darzustellen. Schon bei Tscharaka finden wir die Naturgeschichte in drei Reiche getheilt, in das Mineral-, Pflanzen- und Thierreich. Es mussten aber diesem hochgefeierten, sehr alten Schriftsteller sicherlich vieljährige Beobachtungen und wiederholte Vergleichungen der Naturerzeugnisse vorausgegangen sein, ehe er zu dieser Gruppirung anlangte, die von Aristoteles an bis auf unsere Zeit ihre Geltung behauptet.

Selbstverständlich kann hier von einer strengen Systematik nicht die Rede sein, wie überhaupt bei allen antiken Mittheilungen bis auf Aristoteles eine kritische Bearbeitung nicht angetroffen wird. Indessen ist es den alten Hindu schon gelungen, gleichartige Naturkörper durch einen weiten Rahmen zu begrenzen und so das Zusammengehörige auch naturgemäss in denselben einzustellen. Dies geschah aber im Grossen und Ganzen, ohne Berücksichtigung der Verhältnisse der einzelnen Gegenstände zu einander, wohin es die alten Völker überhaupt noch nicht gebracht hatten, da ihnen, in Ermangelung

1) Sitz.-Berichte 1884 S. 325.

Digitized by Google

eines wissenschaftlichen Eintheilungsprincipes, hiezu alle Hilfswissenschaften abgingen. Eine chronologische Darstellung der allmäligen Entwickelung der altindischen Naturgeschichte kann hier ebenso wenig, wie eine exakte Naturanschauung erwartet werden. Bei den alten Hindu ist durchaus keine eigentliche Chronologie vorhanden, und nur spärliche Anhaltspunkte gewähren Vermuthungen über Zeitbestimmungen; indessen versichert ein hochberühmter Sanskritgelehrter: „auch hier wird es tagen." Fabelhafte Zeiteintheilungen der alten Hindu können freilich hier nicht helfen. Wir müssen demnach nur die Naturgegenstände, wie solche uns schriftlich in Sanskrit-Originalien vorliegen, aufgreifen, von der Bestimmung eines Alters, wann solche schriftlich verzeichnet worden sind, absehen, und uns damit begnügen, dass wir wissen, sie seien uns von einer sehr alten Urnation überliefert worden. Denn dass die antiken Hindu zu den ältesten Nationen zählen, wird durch die übereinstimmenden Zeugnisse der alten Classiker sowohl, als durch neuere Forschungen bestätiget.

Die Sanskritschriften, auf die ich mich hier beschränke, sind: der Ayurveda des Susruta, das Medicinal-System des Tscharaka und der Amarakoscha nach der Bearbeitung des Colebrooke. Die zwei ersteren Werke sind unstreitig von sehr hohem Alter; ist ja doch bekannt, dass die altindischen Aerzte im Lager Alexander's des Grossen sich vor den griechischen ausgezeichnet haben. Ungleich jünger aber ist der Amarakoscha des Amarasinha, was die neuere Kritik nachzuweisen versucht hat. Namentlich mussten mit der Botanik des Amarasinha wesentliche Aenderungen vorgenommen worden sein, da ein grosser Theil der Pflanzen ganz andere Namen erhalten hat, die also grossentheils von der Nomenclatur des Susruta und des Tscharaka abweichen.

Ich beginne mit dem späteren dieser drei genannten Werke, mit dem Amarakoscha des Amarasinha, weil

Digitized by Google

nur dieses Wörterbuch ausführlicher über Mineralien handelt, und hier mit dem Mineralreich begonnen werden soll. Hier ist aber weder von Krystallographie, noch von einem Einfluss der Chemie hierauf das Geringste zu verzeichnen. Dass auch hier nur nach der äusseren Gestalt die Mineralien aufgeführt werden, lässt sich erwarten. Schon die Etymologie ihrer Benennungen kennzeichnet sie, indem die Hauptbenennung voran steht und die anderweitigen Namen eines jeden Minerals nachfolgen. So haben die meisten bei Amarasinha mehrere Namen, die ihre äussere Gestaltung bezeichnen. Dass hier Irrthümer auch in der Colebrooke'schen Bearbeitung vorkommen, gesteht dieser aufrichtige Forscher selbst ein. Erläuternde Beispiele: Das 2. Buch, Kapitel IX Seite 234 beginnt mit Smaragd, mit drei Namen, wovon ein jeder dessen äussere Erscheinung darstellt. Rubin hat vier Benennungen, wovon die erste tiefroth, die zweite messingartig, die dritte lotusfarbig u. s. f. ausdrückt. Gold hat sogar 18 Namen, die sämmtlich Epitheta desselben sind, während der Hauptname schönfarbig heisst; das Gegentheil davon ist Silber, welches Durvarna, schlechtfarbig, benannt wird, und fünf Namen hat, zur näheren Bezeichnung desselben. Kupfer hat vier Benennungen, die sich sämmtlich auf dessen äussere Erscheinung beziehen; es heisst aber vorzugsweise niedrige Beschaffenheit, freilich im Gegensatze zum Gold, und sogar zum Silber. Eisen wird mit 9 Namen aufgeführt, von denen Loha die Hauptbezeichnung ist, so dass das Eisen der Repräsentant alles Metalles wäre. Auch wird Stahl so benannt. Dass die alten Inder die Bearbeitung des Eisens kannten, dafür bürgt uns der Name Tikschna, was auch Waffe überhaupt bezeichnet. Die alten unterirdischen Tempelgrotten beweisen uns schon, dass die alten Inder die Bearbeitung des Eisens wohl kannten, denn zur Herstellung solcher in Felsen ausgehauenen Riesenbauten bedurfte man der verschiedenartigsten eisernen Werkzeuge. Bezeichnend ist, dass

Digitized by Google

das Eisen auch Asmasara, i. e. Essenz des Steines, heisst. Das Glas wird Kschara, d. h. Glanz genannt und wird wohl von Phönizien eingewandert sein. Quecksilber wird mit dem Namen Tschapala belegt, d. h. sich unstät bewegend. Dass Antimonium Srotandschana, d. h. Fluss, Strom heisst, ist unerklärlich; dass es aber auch Sauvira genannt wird, zeigt an, dass es vorzugsweise aus der Landschaft Suvira bezogen wurde. Auf ähnliche Art werden die wenigen übrigen Metalle, die hier beschrieben werden, nach ihren verschiedenen Attributen, nach ihren physisch wahrnehmbaren Eigenschaften im Amarakoscha verzeichnet, als Schwefel, Kalk, Blei, Zinn, Arsenik, Salpeter, Kali, Natron. Nur wenige anderweitige Mineralien werden noch auf ähnliche Art behandelt. Es ist also ersichtlich, dass zur Zeit des Amarasinha die alten Inder in der Mineralogie noch nicht weit fortgeschritten waren. Das Alter dieses Schriftstellers vermag ich aber nicht zu constatiren, da mir hiezu alle höhere Kritik abgeht, und ich den Austrag dieser Entscheidung den Heroen der Sanskrit-Wissenschaft überlassen muss, denn adhuc sub judice lis est.

Ganz anders verhält es sich mit dem Pflanzenreiche. Hier gewahren wir den grössten Reichthum an Exemplaren, aber auch hier wieder nur nach ihren äusserlich erkennbaren morphologischen Erscheinungen vorgetragen; denn eine eigentliche natürliche oder künstliche Klassification ist auch hier nicht zu erwarten. Ueberhaupt treffen wir in dem Pflanzenreiche der alten Hindu keine Spur von Pflanzenphysiologie, und kein Eintheilungsprincip an, sondern chaotisch aufgezählte Gewächse; wenn man nicht etwa die Eintheilung nach Bäumen, Sträuchen, Gräsern, Schlingpflanzen, Medicinalgewächsen, als Eintheilungsprincip ansehen will. — Das üppige Wachsthum der Pflanzenwelt in Ostindiens günstigem Klima hat dem alten Hindu schon das Augenmerk auf dieses Gebiet gerichtet; er hat die Pflanzenwelt zum Theil symbolisirt und

Digitized by Google

mit dem religiösen Kultus in Verbindung gebracht. Die in den altindischen Sanskritschriften angetroffenen Vegetabilien zählen nach tausenden; ja im Ayurveda des Susruta allein sind 760 Medizinalgewächse vorgetragen (man vergleiche das Medizinalpflanzen-Verzeichniss meines in lateinischer Sprache übersetzten Susrutas Ayurvedas tom. III. p. 173). Ganze Reihen von Arzneigewächsen treffen wir auch im Tscharaka an. Diese Namen der meisten Gewächse sind etymologisch sehr bezeichnend, da sie den Charakter oder das Gepräge derselben veranschaulichen.

Es mögen hier nur einige Exemplare beispielsweise vorgeführt werden: Der heilige Feigenbaum, Ficus religiosa, heisst Bodhidruma, d. h. Baum der Erkenntniss; Tschaladala, zitterndes Blatt; Pippala, die öfters sich wiederholende Wurzel; Kundschansana, Elephantenfuss. Die Cassia fistula heisst im Sanskrit Aragbadha, Krankeitverscheucher, weil sie mit vorzüglicher Heilkraft begabt geglaubt wurde. Tamarinde, Tamarindus indica, sanskritisch Tintidi, Dampf und Feuchtigkeit bewirkend. Aloe, sanscrit Saha, Zusammentreiber nämlich der Abführstoffe. — Diese wenigen Beispiele mögen darthun, wie untheoretisch die ganze Botanik der antiken Hindu behandelt und wie mangelhaft ihre Ausführung ist.

Nun wende ich mich an die speziellen pflanzlichen Arzneistoffe. Im Susrutas werden die Hunderte von vegetabilischen Arzneistoffen in 36 Klassen eingetheilt, nur die 31. Klasse besteht aus Metallen, nämlich aus stannum, plumbum, cuprum, argentum, lapis magnes., aurum, et rubigo ferri, — und diese Klasse heisst die eximia classis, weil sie alle Krankeiten heilt, die Eingeweidewürmer abtreibt, das Gift entfernt, die Gelbsucht hebt und die gonorrhoische Urethritis löst. Die übrigen 36 Klassen der Materia medica des Susruta bestehen aus Vegetabilien, und wird in jeder Klasse aufgeführt, welche Heilzwecke sie erzielt, und be-

Digitized by Google

sprochen, wie die Heilanzeigen in den verschiedenen chirurgischen und internen Krankheiten zur Anwendung kommen, was auch wirklich consequent durchgeführt ist. So möge dies einige Beispiele lehren:

I. Hedysarum gangeticum, Convolvulus paniculatus, Hedysarum lagopodioides, Flacourtia cataphracta et cet. Diese Klasse vernichtet Galle und Eingeweidewinde, und hebt die Lungenschwindsucht, die mesenterischen Drüsenverhärtungen, Athmungsbeschwerden und Katarrhe.

II. Cassia fistula, Vangueria spinosa, Echites antidysenterica, Zizyphus napeca etc. Diese Klasse vernichtet Schleim und Gift, heilt die gonorrhoische Urethritis, die Lepra, das intermittirende Fieber, das Erbrechen und Prurigo.

III. Capparis trifoliata, Barleria caerulea, Morunga guilandina etc. Diese Klasse beschränkt die Fettsucht und die Cephalalgie, die Verhärtungen der mesenterischen Drüsen, und die Entzündungen der inneren Eingeweide.

Auf diese Art werden die 37 Klassen durchgeführt, deren Anwendung sorgfältigst nach ihren Indicationen in dem ganzen Ayurveda beobachtet wird. Ueber diese 37 Klassen der Medicamente werden keine anderweitigen Arzneistoffe in diesem Werke vorgefunden.

Es wäre allerdings interessant, einen therapeutischen Versuch mit einem oder mit dem andern dieser 760 Arzneistoffe anzustellen, um zu sehen, was für eine Wirkung ein solcher auf den menschlichen Organismus ausübt. Allein wir könnten schon desshalb zu keinem sicheren Resultate gelangen, weil die langen vergangenen Zeiten, die entlegenen Orte, so wie die klimatischen Verschiedenheiten, die Krankheitscharaktere modificirt haben müssen. Schon nach der Darwin'schen Theorie der allmäligen Entwickelung und Umbildung aller Organismen muss dies zugestanden werden.

Die Arzneimittellehre des Tscharaka habe ich schon früher in dieser hohen Versammlung zu beleuchten die Ehre

Digitized by Google

gehabt, und will nur hier noch bemerken, dass dieselbe weniger Stoffe aufzuweisen hat; dagegen sind bei diesem Schriftsteller die Arzneistoffe aus dem Thierreiche vielfältiger, und legt derselbe ein besonderes Gewicht auf die Heilwirkungen der verschiedenen Thier-Urine.

Wenden wir nun unseren Blick auf das Gesammtgebiet der Naturgeschichte der antiken Hindu, so müssen wir doch im Auge behalten, dass viele Jahrhunderte vorüber gegangen sein mussten, bis diese Nation zu den uns vorliegenden Naturanschauungen gelangte. Erst später werden diese Thatsachen schriftlich aufgezeichnet worden sein.

Gleiche Verhältnisse treffen wir bei den alten Griechen an. Wie viele Jahrhunderte müssen dort vorüber gezogen sein, bis man bei Hippocrates und Aristoteles anlangte? Diese zwei Heroen der Wissenschaft haben indessen auch nicht alles aus sich geschöpft, sondern die Resultate früherer Erfahrungen benützt. Sie können später aufgetreten sein als Tscharaka und Susruta, weil sie systematischer sind; denn man wird wohl anzunehmen berechtigt sein, dass, je systematischer ein alter Schriftsteller ist, desto später er auch erscheint. Nebenbei will hier bemerkt werden, dass die Naturanschauung der alten Hindu und der Griechen eine grundverschiedene war, so dass in deren Schriften auch keine Spur von Aehnlichkeit, weder in der Form der Darstellung, noch in dem Inhalte der Materialien, sich uns darbietet. Beide sind selbstständig und von einander unabhängig; wenn man nicht etwa die Astronomie ausnehmen will, in welcher griechischer Einfluss bei den Indern ausser Zweifel gesetzt zu sein scheint.

Das Thierreich ist bei den alten Hindu sehr mangelhaft behandelt worden. Nur Amarakoscha hat (im II. Buche V. Kapitel, Seite 118—127 der Colebrooke'schen Bearbeitung) ein kleines Verzeichniss von Thieren angefertigt, welches nur beiläufig 100 Thiere registrirt. Amarasinha

Digitized by Google

beginnt mit den vierfüssigen Thieren, in denen er nur folgende näher beschreibt: Löwe, Tiger, Hyäne, Schwein, Affe, Bär, Rhinoceros, Büffel, Schakal, Katze, Stachelschwein, Antilope, Wolf, Dammhirsch, Bock, Ratte, Maus. Hierauf lässt er merkwürdigerweise die Eidechse, Spinne, einige andere Insekte, die Raupe und Skorpion folgen. Alsdann geht er zu den Vögeln über, und beschreibt von diesen nur die Taube, den Habicht, die Eule, Feldlerche, den Reiher, den Neuntödter, Specht, Sperling, Kranich, Kuckuck, die Krähe, den Raben, Geier, Papagei, Strandpfeifer, eine Ente, eine Gans, eine Fledermaus (merkwürdigerweise zu den Vögeln gezählt). Jetzt bricht er mit den Vögeln ab und schiebt die Fliege, Biene, Bremse, Wespe, Grille, Heuschrecke, grosse schwarze Biene ein; wendet sich abermals zu den Vögeln hin, mit denen er seine kurze Thierbeschreibung endet. Im III. Kapitel des Kalpasthana (Toxicologie) des Susruta findet man eine Menge giftiger Thiere, die aber noch nicht aufgeklärt sind. —

Richtet man schliesslich noch einen Rückblick auf die verschiedenen Sanskritschriften, in denen Naturgegenstände zerstreut verzeichnet sind, so findet man zwar in denselben schon eine Masse Materials, besonders aus dem Pflanzenreiche, aber nur als Baustücke zu einem später aufzuführenden Lehrgebäude, zu dessen Ausführung es aber bei den Indern niemals gekommen ist. Daher kann man bei ihnen auch nicht von einer wissenschaftlichen Naturgeschichte reden. Ihre ganze Natur war viel zu sehr zu spitzfindigen philosophischen, vielmehr metaphysischen Träumereien angelegt. Dies ist um so mehr zu wundern, da sie doch den jonischen Naturphilosophen nicht allzu ferne standen. Aber diese zu benützen, waren die alten Hindu zu abgeschlossen, so, dass sie über ihre Grenzscheiden hinauszublicken kaum vermochten, und sie in dieser Hinsicht ihren Nachbarn den Chinesen, ziemlich glichen. Vergessen darf man endlich auch nicht, dass

Digitized by Google

in dem so hohen Alter die Völker sich einander nicht näherten. Denndass die indische Nation eine sehr alte ist, dafür spricht noch besonders die Pflanzengeographie. Die meisten Gewächse, die im Tscharaka und Susruta verzeichnet sind, kommen in der Umgegend des Himalaya vor, was zu bebeweisen scheint, dass zur Zeit der Abfassung ihrer Schriften die alten Hindu noch in jener Gegend sesshaft waren.

Digitized by Google

Digitized by Google

Ueber die Befruchtung des Neunaugeneies.

Von A. A. Böhm,
Assistenten am histiologischen Laboratorio zu München.

(Eingelaufen 8. Februar.)

Calberla[1]) ist der einzige gewesen, der die Reifeerscheinungen und den Befruchtungsvorgang bei Petromyzon Planeri auf Schnitten untersucht hatte. Er hat sich über den ganzen Process etwa folgende Vorstellung gemacht: Es bilden sich im Ovarium die Richtungskörper auf Kosten des Keimbläschens, der Rest desselben constituirt sich zu einem Eikern. Dieser Eikern rückt nun allmählig in die Tiefe des Eies und zieht einen Protoplasmastrang nach; seine definitive Lage ist ungefähr das Centrum des Eies. Ein solches Ei ist reif, und wird es besaamt, so hebt sich die Eihaut zunächst am animalen Pole ab, es bleiben aber protoplasmatische Fäden stehen, die zwischen der animalen dotterarmen Eioberfläche und der inneren Oberfläche der Eihaut ausgespannt sind. Einer dieser Fäden, der axiale, ist der stärkste und verbindet den Anfang des oben erwähnten Protoplasmastranges (innere Mikropyle, Calberla) mit der eigentlichen Mikropyle der Eihaut (äussere Mikropyle, Calberla); derselbe ist das „Leitband des Spermas", und jene Protoplasma-

1) „Der Befruchtungsvorgang beim Ei von Petromyzon Planeri. Ein Beitrag zur Kenntniss des Baues und der ersten Entwicklung des befruchteten Wirbelthiereies. 1877."

Digitized by Google

strasse, die die Eioberfläche (innere Mikropyle) mit dem Eikerne verbindet, ist der Spermagang. Leitband des Sperma- und der Spermagang bilden einen continuirlichen protoplasmatischen Weg, der den Eikern mit der äusseren Mikropyle verbindet. Dieser Weg wird von einem einzigen Spermatozoon benutzt; der Schwanz desselben wird abgeworfen und verstopft die äussere Mikropyle; der Kopf, zu einem Spermakerne geworden, vereinigt sich mit dem Eikerne, der an der nämlichen Stelle immer noch zu finden ist, zu einem Furchungskerne.

Der Befruchtungsvorgang wurde eingehend von Prof. C. Kupffer und B. Benecke in einer Abhandlung: „der Befruchtungsvorgang beim Ei von Petromyzon Planeri. Ein Beitrag zur Kenntniss des Baues und der ersten Entwicklung des befruchteten Wirbelthiereies" geschildert, und sind in derselben unter vielen anderen folgende Punkte festgestellt worden, die für meinen, hier speziell zu verfolgenden Zweck von besonderer Wichtigkeit sind.

a) An einem fast reifen Ovarialei von Petromyzon fluviatilis ist an Schnitten an der Oberfläche desselben ein Keimbläschen zu sehen.

b) Am animalen Pole des Eies ist eine dünne Lage durchscheinenden Protoplasma's (Polplasma) gelegen, das bei der Befruchtung eine aktive Rolle spielt, indem es sehr auffallende Contractionserscheinungen zeigt.

c) Es dringt in das Polplasma nicht immer durch die Mikropyle und nicht durch den nicht constanten Axenstrang (Leitband des Sperma, Calberla) ein einziges bevorzugtes Spermatozoon mit Kopf und Schwanz ein.

d) Durch die Eihülle, im Bereiche des Polplasma, bohren sich aber noch zahlreiche andere Spermatozoen ein; ein Theil derselben bohrt sich ganz durch und quellen die Köpfe derselben, ganz oder zum Theil, zu hyalinen Tropfen, die an

Digitized by Google

der inneren Seite der Eihaut, im Bereiche des Polplasma zu finden sind.

e) Kurz nach dem Verschwinden des Axenstranges in den Dotter, erscheint ein zapfenförmiger, hyaliner Fortsatz an derselben Stelle wieder; er tritt in Contact mit der inneren Fläche der Eihaut, gleitet derselben entlang, dabei bleiben die eben erwähnten hyalinen Spermatropfen an dem Zapfen haften, um sich in demselben aufzulösen. Dieser Akt ist die Nachbefruchtung. Der Zapfen zieht sich zurück.

f) Vor der Befruchtung ist ein Richtungskörperchen bereits da; nach der Befruchtung wird ein zweites gebildet.

Aus diesen Daten hat Prof. Kupffer Schlüsse gezogen, die durch die vorliegende Untersuchung vollkommen bestätigt werden. α) Die Prämisse Calberlas, dass der Eikern bereits im Ovarium sich bilde, und dort eine Lage im Centrum des Eies einnehme, kann keine richtige sein, denn es bildet sich ein Richtungskörperchen nach der Befruchtung, also constituirt sich der Eikern erst nach der Befruchtung und nicht im Ovarium. β) Der Spermagang, das Leitband des Sperma etc. können nicht die ihnen von Calberla vindicirte Bedeutung haben.

Es ist eine abermalige Untersuchung an Schnitten eine wünschenswerthe geworden. Auf Anrathen meines Lehrers und Chefs Prof. C. Kupffer, unter seiner Aufsicht, unternahm ich diese.

Ich begann meine Untersuchungen an dem Ovarialeie von Petromyzon Planeri. Die jüngsten Ovarien, die mir zu Gebote standen, sind einem Ammocoetes von 5 cm Länge entnommen; das Kopfende dieses in der medianen Ebene liegenden unpaaren Ovariums wird durch einen kegelförmigen, asymmetrisch gelegenen, etwa 1/4 mm messenden Fortsatz gebildet. In diesem Fortsatz entstehen die Eier: man trifft in ihm alle möglichen Entwicklungsstadien derselben. Das übrige grössere Stück des Ovariums enthält die ältesten Eier

Digitized by Google

die alle auf derselben Entwicklungsstufe stehen. Die grössten Eier dieses Ovariums sind $^1/_{12}$ mm gross und enthalten ein central gelegenes Keimbläschen; dieses besteht aus einer Membran, einem klaren granulirten Inhalt, einem chromatischen Netze und einem Keimfleck.

Während die Eier an Volumen zunehmen, wird das Keimbläschen grösser, dabei verändert es die centrale Lage, um sich allmählig der Oberfläche des Eies zu nähern; die chromatischen Netze verschwinden, und scheint der Keimfleck auf Kosten derselben sich zu vergrössern. Eier, die 0,5 mm gross sind, zeigen ein Keimbläschen, welches keine Chromatinnetze mehr enthält; es liegt nahe an der Oberfläche des Eies, ist aber von derselben durch eine dotterarme Schicht getrennt, die Calberla irrthümlich für die Anlage seines Spermaganges ansieht.

Die Eier der fast geschlechtsreifen Thiere (etwa $^4/_5$ mm im Durchmesser) enthalten ein ca. 0,1 mm messendes Keimbläschen mit einem sehr grossen Keimfleck; der letztere zeigt ein bemerkenswerthes Verhalten gegen Farbstoffe: er nimmt keine Chromatintinctionen mehr an.

Geschlechtsreife Thiere, die zum Theil Ovarialeier, zum Theil auch Eier in der Bauchhöhle enthielten, liessen verschiedene Stadien der flächenhaften Ausbreitung des Keimbläschens am animalen Pole des Eies erkennen. Die Keimbläschenmembran war nicht mehr zu sehen, und konnte man nur in seltenen Fällen auf Schnitten den Keimfleck als ein sehr blasses, kaum von der Umgebung zu unterscheidendes Gebilde, mit Mühe erkennen.

In noch weiter entwickelten abgelegten, nicht besaamten Eiern, hat sich das Keimbläschen noch weiter ausgebreitet und stellt nun eine hyaline dünne Scheibe am animalen Pole des Eies dar — das Polplasma —, die im Durchmesser etwa $^1/_3$ mm messen mag. (Der Diameter des entsprechenden Eies beträgt ca. 1 mm.) Trotz aller angewandten Mühe

Digitized by Google

gelang es mir nicht, in diesem Stadium den Keimfleck, resp. Reste desselben noch zu finden — vielleicht weil er zu blass geworden ist; das Schwinden desselben ist nicht direkt ausgeschlossen.

Das weitere Material stammt aus Neapel her, ist den künstlich besaamten Eiern von Petromyzon Planeri entnommen, die 0, 5, 10, 15, 30, 45 Minuten, dann 1, 1,5, 2, 3, 4 .... 8 Stunden nach der Besaamung in getrennten Portionen und zwar in der Flemming'schen Flüssigkeit mit etwas grösserem Ueberosmiumsäure-Gehalt fixirt waren.

Nach einer halben Stunde wurden die mit destilliertem Wasser gewaschenen Eier successive in 30, 70 procentigem Spiritus auf je drei Stunden übertragen, um in 90% Spiritus conservirt zu werden. Die Eier wurden einzeln in Paraffin eingebettet, mit einem Jung'schen Microtom geschnitten; die auf dem Objektträger mit Eiweiss befestigten Schnitte färbte ich entweder mit Saffranin oder, mit dem besten Erfolg, mit violette de fuchsine (1 gr Farbstoff auf 100 ccm 30% Spiritus; Auswaschen in abs. alc.). Nicht ganz so günstige Präparate lieferten die vor dem Schneiden in toto mit Borax-Carmin gefärbten Eier. Die fixirten Schnitte wurden definitiv in Xylol-Canadabalsam eingeschlossen; in schwierigen Fällen wurde jedoch das Untersuchen der Präparate in anderen Medien — Wasser, Glycerin — nicht unterlassen.

Die mit 0 Minuten (unmittelbar nach der Besaamung) bezeichnete Portion enthält Eier im Stadium des sich zurückziehenden Axenstranges. Ausser dem bereits am frischen Ei sichtbaren Stücke ist ein Theil des Polplasma unter dem Niveau der Eioberfläche enthalten. Die Dottermembran (membrane de fécondation, Fol) ist bereits um das ganze Ei gebildet; am Axenstrang selbst ist sie jedoch nicht nachzuweisen; ausser dieser sieht man eine zweite gefaltete Membran, die das Polplasma gegen den übrigen Dotter abschliesst.

Digitized by Google

Im Polplasma findet man, inconstant gelegen, ein kernartiges Gebilde, den Eikern, vor dem Austreten des zweiten Richtungskörperchens; dieser provisorische Eikern ist etwa halb so gross, wie der zuletzt beobachtete Keimfleck, hat ein homogenes Aussehen und nimmt nur schlecht Kerntinctionen an.

Neben ihm, im Polplasma, findet man einen stabförmigen Körper, der nichts anderes sein kann, als der Spermakopf; von einem Mittelstück oder Schwanz habe ich nichts mit Sicherheit wahrnehmen können.

Einige Minuten später (5 Minuten nach der Besaamung) treffen wir das Stadium des sich zurückziehenden Zapfens an. Dieser pflegt sich stärker zu färben, welcher Umstand von den darin gelösten Spermatheilen abhängt. Die Hauptmasse des Polplasma bildet annähernd eine Kugel, die unmittelbar unter der Oberfläche des Eies liegt und mit derselben eine gemeinsame Fläche besitzt, von ca. 0,1 mm Durchmesser. In ihr ist der provisorische Eikern von der Beschaffenheit, wie im vorhergehenden Stadium und ein Spermakopf zu sehen. Dieser letztere hat eine Rosenkranzform angenommen; die Anzahl der Anschwellungen lässt sich jedoch noch nicht feststellen. Das Polplasma ist durch die dicker gewordene, gefaltete Membran von dem übrigen Dotter getrennt.

Zehn Minuten nach dem Besaamen etwa bildet sich das zweite Richtungskörperchen. Die Bildung desselben muss sehr rasch vor sich gehen, denn in derselben (10 Minuten nach dem Besaamen gehärteten) Portion habe ich die verschiedensten Stadien der sich bildenden, neben bereits gebildeten Richtungskörperchen angetroffen.

Es kommt auch in unserem Falle zur Bildung einer Spindel, die aber in Folge der Behandlung mit einer überosmiumsäurehaltigen Flüssigkeit (Flemming'sche Lösung) nicht leicht auf Schnitten darzustellen ist: es ist nämlich bekannt, dass die oberflächlichen Stellen der so gehärteten Stücke am

Digitized by Google

schwärzesten sind und sich schlecht färben lassen. Die Hälfte der Spindel wandelt sich in einen definitiven Eikern um, der dicht unter der Abschnürungsstelle des Richtungskörpers im Polplasma zu liegen kommt. Das zweite Richtungskörperchen besteht aus derselben Substanz wie das Polplasma, enthält einen Kern (die umgewandelte halbe Spindel) und besitzt eine Membran, die abgeschnürte Dotter-Befruchtungs-Membran. Das erste, vor der Imprägnation ausgetretene Richtungskörperchen, wird wahrscheinlich keine Membran aufweisen. Spermakopf und gefaltete Membran sind unverändert geblieben.

Der eben gebildete Eikern ist klein, homogen und chromatinarm. Er rückt von der Peripherie des Eies im Polplasma langsam ab und verbleibt dabei ziemlich in der Axe des Eies. In fast derselben Entfernung von der Eioberfläche, in der Nähe der gefalteten Membran aber, trifft man den Spermatozoonkopf an. Dieser zerfällt in den nächsten 3/4 Stunden in 4 bis 5 kuglige sich anfänglich stark färbende Stücke — Spermatomeriten — und umgiebt sich mit einer Strahlenfigur. Das Polplasma, in dem sich die Vorgänge abspielen, ist während dessen etwas tiefer in das Ei hineingerückt, es berührt nur noch in geringer Ausdehnung die Eioberfläche am Pol, rundet sich in seiner Begrenzung ab, während die gefaltete Membran dieser Gestaltänderung folgt.

Eine Stunde nach dem Besaamen fixirte Eier weisen das Polplasma auf als eine Kugel von der Grösse des Keimbläschens an reifen Ovarialeiern, d. h. von ca. 0,1 mm Durchmesser, die mit der Eioberfläche durch einen sehr kurzen Strang des Plasma verbunden ist. Annähernd im Centrum derselben, in der Nähe der Axe, treffen wir den nun mit allen Attributen eines Kernes versehenen Eikern und die Spermatomeritenreihe an. Die Axe des etwas länglichen Eikernes und die Spermatomeritenreihe liegen in einer Geraden, die senkrecht auf der Axe des Eies steht. Die dem Eikerne näher gelegenen Spermatomeriten sind grösser und

Digitized by Google

chromatinärmer geworden; das am weitesten liegende ist noch klein und chromatinreich (unverändert). Um die Spermatomeriten ist eine Strahlung vorhanden, die auf der Seite des Eikernes fehlt.

Eine halbe Stunde später bemerkt man in noch tiefer gerücktem Polplasma (der Verbindungsstrang mit der Eioberfläche ist länger und dünn geworden) nahezu in der Eiaxe gelegen ein Gebilde, welches aus zwei dicht aneinanderliegenden Abtheilungen zusammengesetzt ist. Die eine, mit einer Strahlung umgebene, besteht aus 4 bis 5 Kugeln, die wir sofort als etwas grösser gewordene Spermatomeriten wieder erkennen; die andere besteht aus kleineren, stärker tingirten, zahlreicheren kugeligen Stücken, die wir Karyomeriten nennen wollen, da sie unzweifelhaft aus dem Eikerne hervorgegangen sind. Die gefaltete Membran ist etwas dünner geworden, ihre Conturen sind nicht mehr scharf; eine Stunde später ist sie nicht mehr nachzuweisen.

Von da ab lässt sich der Vorgang summarisch behandeln. Das Polplasma rückt immer tiefer ein, nimmt an Volumen nicht zu und wird in der Richtung der Eiaxe etwas abgeplattet. Eine schmale Verbindung mit der Eioberfläche persistirt. In dem Polplasma, in der Axe des Eies, trifft man zuerst ein eigenthümliches Gebilde an — den provisorischen Furchungskern. Es ist länglich, seine Axe steht senkrecht auf der des Eies, besteht aus zwei leicht zu unterscheidenden Gruppen: einer chromatinärmeren (Spermatomeriten) mit einer Strahlung umgebenen und einer chromatinreicheren (Karyomeriten).

Die Anzahl der Meriten wird immer grösser. Die Meriten vermehren sich wahrscheinlich durch Theilung. Es bleiben jedoch die Spermatomeriten immer grösser wie die Karyomeriten desselben provisorischen Furchungskernes. Die Anzahl der ersteren ist stets eine kleinere, wie die der Karyomeriten; so zähle ich 1,5 Stunden, nach der Besaamung

Digitized by Google

5 Spermatomeriten und etwa 20 Karyomeriten; 2 Stunden nach der Besaamung schätze ich die Anzahl der Spermatomeriten auf 12, die der Karyomeriten auf 60; 1 Stunde später kommen auf ca. 50 Spermatomeriten ein paar hundert Karyomeriten.

Ein Merit besteht aus einer wenig chromatinhaltigen Kugel, dem Körper, welche ein Chromatinkorn, Mikrosoma, enthält. Die Spermatomeriten enthalten im Allgemeinen weniger Chromatin, wie die Karyomeriten. Die Körner (Mikrosomen) verhalten sich aber gleich.

4 Stunden nach der Besaamung finden wir den definitiven Furchungskern von einer ellypsoidischen Gestalt, membranlos, wenig gefärbt und in ihm stark gefärbte Chromatinkörner: die Mikrosomen. Der definitive Furchungskern bildet sich dadurch, dass die Körper der Spermato- und Karyomeriten des provisorischen Furchungskernes miteinander verschmelzen und die Mikrosomen dabei frei werden. Aus diesen letzteren baut sich nun der chromatische Antheil der karyokinetischen Figur auf, deren Bildung dem Einschneiden der ersten meridionalen Furche vorangeht.

Die Befunde, die vorläufig als specifische für das Petromyzonei angesehen werden dürfen, lauten wie folgt:

1. Die Substanz des Keimbläschens verbreitet sich an der Oberfläche des Eies, am animalen Pol desselben, um das Polplasma zu bilden.

2. Während der Imprägnation, Hand in Hand mit der Bildung der Dottermembran, umgiebt sich das Polplasma mit einer neuen, dicken gefalteten Membran; sie scheint eine wesentliche Rolle zu spielen, indem sie den Copulationsact auf einen geringen Raum concentrirt. Sie schwindet nach der geschehenen Copulation.

3. Das Polplasma mit den die Befruchtung bewerkstelligenden Elementen, rückt in die Tiefe des Eies, wobei ein dünner protoplasmatischer Strang die Hauptmasse des

Digitized by Google

Polplasma mit der Oberfläche des Eies verbindet. Dieser Verbindungsstrang liegt in der Axe des Eies und kommt in die Ebene der später einschneidenden, ersten Meridionalfurche zu liegen.

4. Die Befruchtung wird dadurch eingeleitet, dass zuerst der männliche und dann der weibliche Vorkern in Stücke zerfallen, die man mit den Namen Spermato- resp. Karyomeriten belegen kann.

5. Eine Zeit lang kann man die Spermato- resp. Karyomeriten mikrochemisch bequem voneinander unterscheiden.

6. Die Meriten mengen sich zunächst nicht miteinander, sondern bilden zwei eng anliegende Gruppen (provisorischer Furchungskern). Die Trennungsebene der genannten Gruppen fällt mit einer meridionalen Ebene des Eies zusammen.

7. Ein Merit besteht aus einem chromatinarmen Körper und einem chromatinreichen Korn, dem Mikrosom.

8. Der definitive Furchungskern entsteht dadurch, dass die Körper der Karyo- und Spermatomeriten zu einer gleichartigen Masse verschmelzen, in welcher die Mikrosomen, die man nun nicht mehr ihrer Abkunft nach auseinander halten kann, zu liegen kommen.

9. Aus diesen Mikrosomen baut sich der chromatische Antheil der karyokinetischen Figur auf.

Digitized by Google

Sitzung vom 5. März 1887.

1. Herr G. Bauer legt eine Abhandlung des Herrn A. v. Braunmühl in München „Untersuchungen über p-reihige Charakteristiken, die aus Dritteln ganzer Zahlen gebildet sind, und die Additionstheoreme der zugehörigen Thetafunktionen“ vor. Dieselbe wird in den Denkschriften erscheinen.

2. Herr C. v. Voit theilt die Hauptresultate einer in seinem Laboratorium von Herrn Dr. Alex. Constantinidi aus Manchester ausgeführten Untersuchung „über die Ernährung eines Vegetarianers“ mit.

3. Herr N. Rüdinger bespricht „die Befunde an dem Hirn Gambetta's“.

Untersuchung der Kost eines Vegetarianers.

Von Carl Voit.

(Eingelaufen 10. März.)

Ich habe schon in der Sitzung vom 6. März 1886 (Sitzungsberichte 1886 S. 5) mitgetheilt, dass uns Gelegenheit gegeben wurde, die Ernährungsverhältnisse eines Vegetarianers, welcher seit Jahren ausschliesslich von Vegetabilien, Schrotbrod und Früchten, lebt, näher zu untersuchen. Ich gebe hier nur die Hauptresultate der Untersuchung, welche im Wesentlichen von Herrn Dr. Alex. Constantinidi aus Manchester ausgeführt worden ist; die Details derselben sollen in der Zeitschrift für Biologie veröffentlicht werden.

Der Mann, ein Tapezierergehilfe, besass ein Körpergewicht von 57 Kilo, er war jedoch ganz gut gebaut und

Digitized by Google

nicht mager. Er lebte während der Versuchszeit im physiologischen Institut unter steter Beobachtung und wurde während 14 Tagen, in 3 Perioden zu 5, 5 und 4 Tagen, in Beziehung seiner Einnahmen und Ausgaben genau controlirt. Sein Körpergewicht veränderte sich in dieser Zeit nur wenig, es schwankte zwischen 57,1 bis 57,4 Kilo.

In den verzehrten vegetabilischen Nahrungsmitteln (im Mittel 569 gr Brod mit 1233 gr Früchten täglich) waren 719 gr Trockensubstanz enthalten und in letzterer 52 gr Eiweiss, 22 gr Fett und 557 gr Kohlehydrate. Die Japanesen nehmen bei vorwiegend vegetabilischer Kost nach Scheube's Angabe im Reis und den dazu gesetzten Eiweissträgern bei einem mittleren Körpergewicht von 52 Kilo 90 gr Eiweiss, 12 gr Fett und 452 gr Kohlehydrate auf. Für einen kräftigen Arbeiter von 70 Kilo Körpergewicht rechnet man bei gemischter Kost bekanntlich 118 gr Eiweiss, 56 gr Fett und 500 gr Kohlehydrate.

Daraus berechnet sich auf 100 Kilo Körpergewicht eine Einnahme von Eiweiss und Kohlehydraten (nach Umrechnung des Fetts in Kohlehydrate nach dem Wärmewerth):

	Eiweiss	Kohlehydrat	Verhältniss von Eiweiss zu Kohlehydrat
für den Vegetarianer	91	1063	1 : 12
für den Japanesen	178	949	1 : 5
für den kräftigen Arbeiter	169	891	1 : 5

Man ersieht daraus, dass der Vegetarianer, trotzdem er 21 gr Oel getrunken hat, viel weniger Fett im Tag einführt als es für einen kräftigen Arbeiter wünschenswerth ist, welcher 56 gr Fett erhalten soll, aber doch etwas mehr als für gewöhnlich der Japanese.

Die Menge der Kohlehydrate in der Nahrung ist jedoch beim Vegetarianer absolut und auch auf gleiches Körpergewicht reduzirt grösser als bei dem Japanesen, ja sogar

Digitized by Google

grösser als bei dem rüstigen Arbeiter. Der Vegetarianer ist also, was die stickstofffreien Stoffe der Nahrung anlangt, nicht mässig, sondern geradezu unmässig zu nennen.

Besonders auffallend ist im Gegensatze dazu die höchst geringe Menge von Eiweiss in der Kost des Vegetarianers (nur 52 gr täglich), während der Japanese 90 gr, der kräftige Arbeiter 118 gr von diesem Nahrungsstoff verzehrt. Die Vegetarianer heben zumeist als günstig hervor, dass sie so wenig Eiweiss zu ihrer Erhaltung brauchen; es frägt sich aber, ob sich ihr Körper dabei gut befindet. In der Nahrung unseres Vegetarianers befanden sich täglich 8,4 gr Stickstoff, im Harn 5,3 gr und im Koth 3,5 gr, in den Ausgaben demnach um 0,4 gr Stickstoff mehr als in der Zufuhr, welche einem täglichen Verlust von 2,5 gr Eiweiss entsprechen; der Umsatz an Eiweiss betrug 55 gr oder 91 gr auf 100 Kilo Körpergewicht. Die Stickstoffausscheidung im Harn (5,3 gr) ist bis auf die beim Hunger erhaltene (5,4 gr) herabgesunken.

So auffallend dies auch erscheinen mag, so ist es doch nichts für den Vegetarianer Charakteristisches, sondern etwas was bei jedem Menschen eintritt, wenn er neben wenig Eiweiss einen grossen Ueberschuss von Kohlehydraten geniesst. So finden sich z. B. bei einem unserer früheren Ausnützungsversuche mit Kartoffeln ganz ähnliche Resultate. Der dazu benützte Soldat hat bei reichlicher Zufuhr der stickstoffarmen Kartoffeln nur 71 gr Eiweiss, aber 718 gr Kohlehydrate aufgenommen; im Harn schied er dabei nur 8,8 gr Stickstoff aus, in 93,8 gr trockenem Koth 3,7 gr, so dass er noch 1,0 gr Stickstoff = 6,5 gr Eiweiss von seinem Körper verlor; auch bei ihm war also die Stickstoffausscheidung im Harn fast auf die beim Hunger beobachteten Grösse (7,0 gr) gesunken.

Mit einer so geringen Menge von Eiweiss, wie sie der Vegetarianer aufnahm, können selbstverständlich nur wenig

Digitized by Google

entwickelte Organe erhalten werden; selbst der nur 57 Kilo schwere Mann büsste dabei trotz des enormen Ueberschusses von Kohlehydraten noch etwas Eiweiss von seinem Körper ein. Es geht daraus auch hervor, dass der Körper des von uns untersuchten Vegetarianers grösseren Leistungen nicht gewachsen sein konnte; es zeigte sich auch in der That, dass der Mann nicht sehr kräftig war und bald ermüdete. Als der kräftige Arbeiter von 74 Kilo Gewicht die gleiche Nahrung (mit 52 gr Eiweiss) aufnahm, wie der Vegetarianer, zersetzte er täglich 82 gr Eiweiss und verlor also 31 gr Eiweiss von seinem Körper.

Was die Ausnützung der organischen Nahrungsstoffe der vegetabilischen Nahrung durch den Darmkanal betrifft, so ist zunächst zu bemerken, dass die Kothmenge des Vegetarianers eine sehr beträchtliche war; er schied im Tag 75 gr trockenen Koth aus, während ein Mensch bei mittlerer Nahrung nur 31 gr trockenen Koth liefert. Es wurde bei der gleichen Nahrung die Ausnützung durch den Vegetarianer und den Arbeiter, welcher an gemischte Kost mit einem Ueberschuss von animalischen Substanzen gewöhnt ist, ermittelt. Dabei wurden von der Nahrung im Koth in Prozent abgeschieden:

	Vegetarianer	Arbeiter
von der Trockensubstanz	10	9
vom Stickstoff	41	42
vom Fett	30	32
vom Stärkemehl	6	4
von den Kohlehydraten	3	2
von der Cellulose	56	37

Die Verwerthung des Stickstoffs der aufgenommenen vegetabilischen Nahrung ist eine äusserst ungünstige; bei den besser ausnützbaren Vegetabilien finden sich höchstens 25 % Stickstoffverlust durch den Koth. Der Darmkanal des

Digitized by Google

Arbeiters laugt die vegetabilische Nahrung ebenso gut aus wie der des Vegetarianers, der schon Jahre lang an die vegetabilische Kost gewöhnt ist. Es findet demnach eine Angewöhnung des Darms und eine bessere Ausnützung der Vegetabilien bei dem Vegetarianer nicht statt.

Die Kost des Vegetarianers besass ein ziemlich grosses Volumen und er war einen guten Theil des Tages mit dem Kauen und Essen beschäftigt. Die vom Vegetarianer verzehrte Kost ist nicht zweckmässig ausgewählt; denn statt der gut ausnützbaren vegetabilischen Nahrungsmittel (Mais, Reis, den Gebäcken aus Weizenmehl) nimmt er das schlecht ausnützbare Schrotbrod mit Früchten. Er verschmäht es, Eiweissträger aus dem Pflanzenreiche wie die Leguminosen zuzufügen und noch mehr sich der günstigen animalischen Eiweissträger zu bedienen. Der Leib eines tüchtigen Arbeiters könnte mit einer solchen Kost nicht auf die Dauer erhalten werden, namentlich nicht auf seinem Eiweissbestande. Die im hiesigen physiologischen Institute ausgeführten Versuche haben aber ergeben, dass es ganz gut möglich wäre mit Vegetabilien allein, wenn man sie richtig auswählt, einen kräftigen Arbeiter zu ernähren; es ist jedoch nicht einzusehen, warum man, um dem Körper die nöthige Eiweissmenge zuzuführen, nicht auch animalische Substanzen gebrauchen soll, zudem viele Vegetarianer auch Milch, Eier, Käse etc. zulassen.

Digitized by Google

Digitized by Google

Das Hirn Gambetta's.

Von N. Rüdinger.

(Eingelaufen 29. März.)

Bald nach dem Tode Gambetta's ging die Nachricht durch die fachwissenschaftliche Presse, dass dessen Hirn nur ein Gewicht von 1100 gr gehabt habe.

Im ersten Augenblick durfte es fraglich erscheinen, ob das Hirn eines in dem besten Mannesalter verstorbenen, bedeutenden geistigen Arbeiters, wie es Gambetta als vielbeschäftigter Advokat und höchst eifriger Politiker gewesen ist, ein so weit unter der Norm befindliches Gehirngewicht gehabt haben könne.

Nun hat sich die Sache bis zu einem gewissen Grade aufgeklärt. Dr. Duval in Paris hat die Ergebnisse seiner an Gambetta's Hirn gemachten Studien in einem Berichte an die Société d'anthropologie bekannt gegeben und dieselben sind geeignet, die zuerst verbreiteten Angaben zu corrigiren.

Duval bezeichnet das Hirn Gambetta's als ein „schönes"; alle Windungen und Furchen seien wohlgebildet und ihre Linien gleichmässig. Das Gewicht des Hirns, welches vorerst gehärtet und geformt worden war, betrug nach einer „approximativen Schätzung" Duvals etwa 1241 gr. Das Hirn wurde demnach nicht im frischen Zustande gewogen, ondern erst gehärtet und abgeformt.

Ohne Zweifel hat dasselbe durch Wasserentziehung viel an seinem ursprünglichen Gewicht verloren. Würde nicht

Digitized by Google

nur die approximative Schätzung, sondern das wirkliche derzeitige Gewicht des Hirns von Gambetta vorliegen, so könnte man auf Grund der hier in München schon vor längerer Zeit gemachten Gewichts-Bestimmungen an in Alkohol gehärteten Hirnen, welche durchschnittlich 41% ihres Gewichtes verlieren, die Schwere desselben ziemlich genau berechnen. In den jüngsten Mittheilungen Dr. Duvals ist aber vor allem andern die Thatsache von Bedeutung, dass das Hirngewicht eines geistig intensiv arbeitenden Mannes nicht die früher angegebene hochgradige Ausnahme von der Norm gezeigt hat.

Von nicht geringerem Interesse sind auch die Mittheilungen desselben Autors über das Stirnhirn Gambetta's, resp. über die linke dritte Stirnwindung, welche man gegenwärtig als motorisches Sprachcentrum zu bezeichnen pflegt. Im Anschlusse an die Ergebnisse, welche von mir an den Hirnen geistig hochstehender, rhetorisch begabter Männer gewonnen wurden, constatirte Duval an der linken dritten Stirnwindung Gambetta's eine ausserordentliche Entwickelung, mit mehreren sehr bemerkenswerthen Unterabtheilungen, so dass nicht die gewöhnliche Form des grossen lateinischen M, sondern die Gestalt eines grossen lateinischen W herauskomme und Duval glaubt berechtigt zu sein, diese eigenthümliche falten- und furchenreiche Entwickelung der linken dritten Stirnwindung in Zusammenhang bringen zu dürfen mit der aussergewöhnlichen Rednergabe, die Gambetta eigen gewesen sei.

Duvals Untersuchungsergebnisse verdienen um so mehr Beachtung, als bis jetzt nur sehr wenige vergleichende Untersuchungen an Hirnen geistig hochstehender und rhetorisch begabter Männer gemacht worden sind.

Auf Grund meiner eigenen Studien bin ich zur Zeit genöthigt, an der Annahme festzuhalten, dass die vergleichend-anatomischen Untersuchungen an den einzelnen Hirnab-

Digitized by Google

theilungen, insbesondere an den mehr oder weniger abgegrenzten Windungsgruppen derselben mit Rücksicht auf die Individualität und die bei derselben stattgehabte Ausbildung specifischer Anlagen werthvollere Ergebnisse zu versprechen scheinen, als z. B. die Bestimmung des absoluten und relativen Gewichtes des ganzen Hirns, dessen Werth jedoch nicht unterschätzt werden soll.

Digitized by Google

Digitized by Google

Oeffentliche Sitzung der königl. Akademie der Wissenschaften

zur Feier des 128. Stiftungstages

am 28. März 1887.

Der Sekretär der mathematisch-physikalischen Classe, Herr C. v. Voit, zeigt an, dass die Classe im verflossenen Jahre 5 ihrer correspondirenden Mitglieder durch den Tod verloren hat. Es sind gestorben: der kais. russ. Staatsrath und Präsident der Gesellschaft der Naturforscher zu Moskau, Karl Renard; der Professor der Astronomie an der Wiener Hochschule, Hofrath Theodor v. Oppolzer; der Professor der Physik an der Akademie zu Genf, Elias Wartmann; der Professor der Botanik an der Universität und Direktor des botanischen Gartens zu Berlin, August Wilhelm Eichler und der Professor der Mineralogie an der Universität in Erlangen, Friedrich Pfaff.

Karl J. Renard.

Karl J. Renard, kais. russ. Staatsrath und Präsident der Gesellschaft der Naturforscher zu Moskau, war seit dem Jahre 1859 correspondirendes Mitglied unserer Akademie und in deren Abtheilung für allgemeine Naturgeschichte eingetragen.

Digitized by Google

Renard wurde am 22. April 1809 in Mainz als der Sohn eines angesehenen Arztes geboren. Nach in seiner Vaterstadt erhaltener Vorbildung bezog er im Jahre 1828 die Universität Giessen, woselbst er sich dem Studium der Medizin widmete und 1832 den medizinischen Doktorgrad erwarb.

Als junger Doktor begab er sich (1834) nach Moskau, in welcher Stadt sein Onkel Fischer von Waldheim als Professor und Direktor der medizinischen Akademie wirkte. Nachdem ihm auch für Russland die Würde eines Doktors der Medizin bestätiget worden war, betrieb er in Moskau während einiger Jahre die ärztliche Praxis. Er gelangte aber erst in die für seine Talente und Neigungen passende Bahn, als er im Jahre 1840 zum Bibliothekar und Sekretär der Gesellschaft der Naturforscher in Moskau gewählt wurde, welches mühevolle und unbesoldete Amt anzunehmen und mit Umsicht zu verwalten ihm seine Vermögensverhältnisse gestatteten. Daneben bekleidete er noch einige kleinere besoldete Stellen, nämlich die eines Kustos des zoologischen Museums der Universität während 25 Jahren und in späterer Zeit auch die eines Kustos der ethnographischen auswärtigen Sammlung des Rumjanzov'schen Museums.

Im Jahre 1872 proklamirte die Gesellschaft der Naturforscher ihren langjährigen verdienten Sekretär zum Vicepräsidenten und im Jahre 1884 nach Erledigung des Präsidentensitzes durch den Tod des Herrn Fischer von Waldheim zum Präsidenten. In letzterer Würde verblieb er jedoch nur 2 Jahre, da er am 13. September 1886 zu Wiesbaden aus dem Leben schied.

Renard betrachtete es als seine Lebensaufgabe, die Interessen der Gesellschaft der Naturforscher zu fördern; 46 Jahre hindurch widmete er ihr seine ganze Zeit und besorgte ihre Geschäfte, vor Allem die Herausgabe der Bulletins und der Memoiren. Er that dies mit unübertrefflicher Pünkt-

Digitized by Google

lichkeit, bereitwilligster Dienstfertigkeit und grösster Freigebigkeit; die ausgebreitete Correspondenz mit den Gelehrten, mit denen die Gesellschaft in Verbindung stand, führte er mit einem seltenen Eifer und er hat dadurch die volle Anerkennung und Dankbarkeit der einheimischen und auswärtigen Mitglieder verdient. Auch mit unserer Akademie unterhielt er in früheren Jahren einen fleissigen Verkehr und nahm jede Gelegenheit wahr, der Akademie und deren einzelnen Mitgliedern gefällig zu sein.

Obwohl Renard niemals eine wissenschaftliche Arbeit veröffentlicht hat, so erwarb er sich doch durch die genannten Eigenschaften die Ehrenmitgliedschaft von 130 gelehrten Gesellschaften aller Länder. Namentlich als er im Jahre 1865 das 25jährige Jubiläum als Sekretär der Gesellschaft der Naturforscher und im Jahre 1882 das 50jährige Doktorjubiläum feierte, erhielt er von allen Seiten Ehren und Auszeichnungen, hohen Rang sowie zahlreiche Orden.

Die Verdienste, welche sich Renard um die Gesellschaft der Naturforscher zu Moskau erworben hat, sind gross genug, um ihm auch für die Zukunft einen ehrenvollen Namen in der gelehrten Welt zu sichern.[1])

Theodor v. Oppolzer.

Unerwartet hat der Tod ein in vollster Blüthe stehendes wissenschaftliches Leben zerstört. Am Morgen des 26. Dezember 1886 erlag Th. v. Oppolzer einem akuten Herzleiden; mit ihm ist einer der bedeutendsten Astronomen der Gegenwart dahingegangen, der seiner Wissenschaft unvergessliche Dienste geleistet und nicht minder bedeutende noch in Aussicht gestellt hat.

1) Nach gütigen Mittheilungen des Professors an der Petrowsky'schen Agrar-Akademie zu Moskau, Herrn Dr. H. Trautschold. Siehe auch: Bulletin de la Société Impér. des Naturalistes de Moscou 1886 Nr. 2.

Digitized by Google

Geboren als der einzige Sohn des berühmten Klinikers und Arztes Johannes v. Oppolzer am 26. Oktober 1841 in Prag, kam Oppolzer im zartesten Kindesalter nach Leipzig, wohin sein Vater an die Universität berufen worden war, und kurze Zeit darauf nach Wien. Dem Wunsche des Vaters folgend wandte er sich nach absolvirter Gymnasialzeit dem Studium der Medizin zu, obwohl eine schon damals ausgesprochene Neigung und ein ebenso entschiedenes Talent ihn zu eingehender Beschäftigung mit den mathematischen Wissenschaften, insbesondere mit der Astronomie, trieb. So finden wir den jungen Oppolzer Anfang der 60er Jahre auf das Eifrigste mit medizinischen Studien beschäftiget, daneben aber in seinen Mussestunden astronomischen und mathematischen Problemen nachhängend. Man wird nicht fehlgehen, wenn man behauptet, dass Oppolzer zu gleicher Zeit ein tüchtiger Mediziner und ein kenntnissreicher Astronom geworden ist und dass er ebenso gut, wie er im Jahre 1864 zum Doctor medicinae promovirt wurde, auch als Astronom die höchste akademische Würde hätte erreichen können. Denn schon vor jenem Zeitpunkte hatte er begonnen sich durch selbständige wissenschaftliche Arbeiten auf dem Gebiete der Astronomie bekannt zu machen; datiren doch seine ersten in den „Astronomischen Nachrichten" publizirten Berechnungen von Planeten- und Kometenbahnen bereits aus dem Jahre 1862. Fast um dieselbe Zeit richtete er sich in seinem Vaterhause eine schöne Sternwarte ein, die ihm Gelegenheit gab, sich mit der astronomischen Praxis vertraut zu machen.

Durch äussere Verhältnisse begünstiget, welche ihm von einem erwerbenden Gebrauche seiner medizinischen Kenntnisse abzusehen gestatteten, entwickelte sich von nun ab Oppolzer als Astronom in schneller und glänzender Weise. Sehr bald (1866) finden wir ihn als Dozenten der theoretischen Astronomie, dann (1870) als ausserordentlichen, später seit 1875

Digitized by Google

als ordentlichen Professor der Astronomie und höheren Geodäsie an der Wiener Hochschule, der er durch 20 Jahre bis zu seinem Lebensende und trotz mancher verlockenden und ehrenden Berufung nach Deutschland treu geblieben ist. Oppolzer fand von jeher Vergnügen an dem Verkehr mit jungen aufstrebenden Talenten und wusste dieselben in jeder Weise zu fördern. Da er ausserdem ein ganz ausgesprochenes Lehrtalent besass, so darf es nicht Wunder nehmen, wenn er als akademischer Lehrer auf einer sehr hohen Stufe stand. Er ist einer der wenigen Astronomen gewesen, dem es gelungen ist, eine eigene astronomische Schule zu gründen, d. h. Schüler heranzuziehen, die ganz im Sinne des Meisters und zum Theil in den von ihm angegebenen Richtungen die Wissenschaft zu fördern bestrebt sind. Die Wiener Universität hat desshalb durch Oppolzers Tod einen fast unersetzlichen Verlust erlitten.

Nicht so sehr durch Beobachtungen am Sternenhimmel, sondern vielmehr durch mit unermüdlicher Arbeitskraft und seltenem Geschicke durchgeführte Berechnungen der Vorgänge an letzterem, hatte sich Oppolzer in kurzem in die vorderste Reihe seiner Fachgenossen gestellt.

Schon in seinen ersten astronomischen Arbeiten machte sich ein entschiedenes Talent bemerkbar, verwickelte und weitläufige Zahlenoperationen mit bewundernswerther Umsicht anzulegen und mit Schnelligkeit und Sicherheit durchzuführen. Er wurde so von selbst auf dasjenige Gebiet der Astronomie geführt, welches diesem Talente einen weiten und ergiebigen Wirkungskreis eröffnete: nämlich auf die Berechnung von Planeten- und Kometenbahnen. So finden wir Oppolzer am Anfange seiner wissenschaftlichen Laufbahn damit beschäftiget, Dutzenden von Asteroiden und Kometen ihre Bahnen um die Sonne zuzuweisen und immer wieder kehrt er, auch wenn er inzwischen in ganz anderen Theilen der Astronomie thätig gewesen war, zu dieser seiner

Digitized by Google

Lieblingsbeschäftigung, stets neue Gesichtspunkte und Fortschritte in verschiedenen Richtungen bringend, zurück. Auf solche Weise wurde er mit diesem Theile der Astronomie so innig vertraut, wie wohl kein zweiter Astronom der Gegenwart. Seine grossen Erfahrungen und die tiefen Kenntnisse auf diesem Gebiete legte er in seinem zweibändigen klassischen „Lehrbuch zur Bahnbestimmung der Kometen und Planeten" nieder. Man würde jedoch sehr irren, wenn man in diesem Werke nur eine Darstellung der vorhandenen Kenntnisse, wie sie sein Verfasser vorgefunden hat, suchen wollte. Eine solche Aufgabe wäre einem so originellen Geiste wenig congenial gewesen. Oppolzer's Werk ist vielmehr in den meisten Theilen durchaus selbständig und weiterführend. Seine Methode der Berechnung von Kometenbahnen aus der Beobachtung einiger Stücke derselben ist eine Verallgemeinerung der früher bekannten zuerst von Olbers aufgestellten, geht aber von durchaus neuen und fruchtbringenden Gesichtspunkten aus. Und in gleicher Weise wird man seine Methode der Planetenbahnberechnung als einen unzweifelhaften Fortschritt bezeichnen müssen und das bedeutet auf einem Gebiete, das zuerst von einem Gauss und nachher von einem Hansen weiter bearbeitet worden ist, wahrlich nicht wenig.

Es ist in der That vorzüglich Oppolzer's Verdienst, wenn heut zu Tage die Bahnbestimmungen von Planeten und Kometen ungleich einfacher und auch genauer geworden sind.

Er nahm dann an der Expedition nach Aden zur Beobachtung der totalen Sonnenfinsterniss vom 18. August 1868 Theil. Auch der Vorübergang der Venus vor der Sonnenscheibe im Jahre 1874 führte ihn zu einer bedeutsamen Untersuchung, bei der ihm eine neue theoretische Behandlung der für die Astronomie so wichtigen Aufgabe gelang.

Digitized by Google

Ein völlig neues Arbeitsfeld erschloss sich Oppolzer, als er im Jahre 1873 den Auftrag erhielt, die astronomisch-geodätischen Arbeiten für die europäische Gradmessung in Oesterreich auszuführen. Mit der ihm eigenen Energie und Arbeitslust ergriff er den ihm bis dahin fremden Gegenstand und bald hatte er Gelegenheit ganz neue Seiten seiner Begabung zu entfalten. Denn dieselbe Selbständigkeit, mit der er in der theoretischen Astronomie aufgetreten war, zeigte er sofort bei der Inangriffnahme der sich darbietenden praktischen Aufgabe. Noch ist sehr wenig über die endgültigen Resultate der unter seiner Leitung angestellten Gradmessungsarbeiten in die Oeffentlichkeit gedrungen, was darüber aber bekannt geworden ist, muss wahrlich Bewunderung vor Oppolzer's Thätigkeit hervorrufen. Mit erstaunlicher Energie hat er den ganzen von ihm aufgestellten Plan, welcher nicht nur astronomische Bestimmungen, sondern auch Pendelmessungen umfasste in verhältnissmässig kurzer Zeit zur Durchführung gebracht und hierbei überall, sei es in Verbesserungen an Instrumenten, sei es in Abänderungen der gebräuchlichen Beobachtungsmethoden das Beste zu erreichen gestrebt und wohl auch erreicht. Die Beobachtungen sind seit Kurzem abgeschlossen und die rechnerische Bearbeitung des grossen Beobachtungsmaterials dem Abschlusse nahe. Dass es Oppolzer nicht vergönnt war, die endgültigen Resultate des ganzen Unternehmens zu redigiren, ist in hohem Grade zu bedauern. Gewiss hätte er auch hier nur ganz Ausgezeichnetes hervorgebracht.

Auch die bayerischen Gradmessungsarbeiten erfreuten sich der erfolgreichen Mitwirkung von Oppolzer, insofern er die erforderlichen Anordnungen traf, dass für München die geographischen Längenunterschiede mit Prag, Wien, Mailand, Padua, Genf, Strassburg und Greenwich bestimmt werden konnten, und insofern er durch leihweise Ueberlassung seines kostbaren Pendelapparates eine Bestimmung

Digitized by Google

der Länge des Sekundenpendels an der hiesigen Sternwarte ermöglicht hat.

Aber auch diese umfassende Thätigkeit genügte noch nicht der Arbeitskraft des Dahingeschiedenen. Fragen von weitreichender Bedeutung beschäftigten ihn fortwährend und eine grosse Anzahl von Abhandlungen in den Sitzungsberichten der k. k. Akademie in Wien und in den Astronomischen Nachrichten, so z. B. die über das sogenannte Störungsproblem d. h. über die Aenderungen der Bahnen der Himmelskörper durch die Gravitationseinwirkung der grossen Planeten, geben Zeugniss von den vielseitigen Interessen des Verfassers und von einer nicht gewöhnlichen Produktivität. In den letzten Jahren seines Lebens beschäftigten Oppolzer besonders drei Gegenstände, von denen ihm nur einen zum völligen Abschluss zu bringen vergönnt war, allerdings zu einem höchst bedeutungsvollen.

Schon vor mehreren Jahren hatte sich Oppolzer mit der Mondbewegung, insofern sie bei den Phänomenen der Finsternisse in Frage kommen, abgegeben, Die Resultate seiner Untersuchungen fasste er in einer Schrift: „Syzygientafeln für den Mond etc.“ Leipzig 1881, zusammen. Mit Hilfe dieser Tafeln ist man im Stande, die näheren Umstände jeder Finsterniss zu berechnen. Wenn auch diese Rechnung, Dank den Vereinfachungen, die zum Theil wieder von Oppolzer herrühren, nicht schwierig durchzuführen ist, so erschien es doch nicht zweifelhaft zu sein, dass eine Zusammenstellung sämmtlicher Finsternisse, welche in historischen Zeiten stattgefunden haben, von der grössten Wichtigkeit und namentlich für die Chronologie und Geschichte von geradezu unschätzbarem Werthe wäre. Oppolzer's Energie schrak vor einem solchen Werke, welches eine geradezu riesige Arbeit bedingte, nicht zurück. Von einem Stabe junger und tüchtiger Schüler umgeben, besass er die Möglichkeit, zahlreiche Mitarbeiter zu gewinnen und dies war noth-

Digitized by Google

wendig, denn für einen Menschen wäre die Aufgabe wohl zu umfangreich gewesen. Es muss hervorgehoben werden, dass Oppolzer hierbei nicht geringe materielle Opfer bringen musste und dass hier ein in Deutschland leider seltener Fall vorliegt, wo ein mit irdischen Gütern reich gesegneter Mann nicht nur sein ganzes Leben wissenschaftlichen Interessen weiht, sondern jene für wissenschaftliche Zwecke in ausgedehnter Weise verwendet. Nur auf diese nicht genug hervorzuhebende Art war das Gelingen des ganzen Werkes möglich.

Der Druck des grossartigen „Kanon der Finsternisse" war bis auf wenige Bogen vollendet, als sein Verfasser aus dem Leben abberufen wurde. Jetzt liegt das Werk der Beurtheilung der Mitwelt vor und gibt von Neuem Zeugniss von dem grossen Verlust, welchen die Astronomie erlitten. Enthaltend sämmtliche Sonnen- und Mondsfinsternisse zwischen den Jahren 1207 v. Chr. bis 2167 n. Chr., für erstere auch die Zeiten der Totalität auf einer grossen Anzahl von Karten gebend, wird dasselbe eine unschätzbare Stütze für alle chronologischen Untersuchungen bilden. Dem Andenken des Verfassers aber ist hierdurch ein Denkmal grössten Styles bis in die entferntesten Zeiten errichtet.

Im Zusammenhang mit seinen Finsternissstudien hat sich Oppolzer in den letzten Jahren eingehend mit dem äusserst schwierigen Problem der Theorie der Bewegung des Erdmondes beschäftiget. Wie tief er in dasselbe eingedrungen, wie originell und viel versprechend er es erfasst, davon gibt seine im vorigen Jahre erschienene Schrift „Entwurf einer Mondtheorie" den glänzendsten Beweis. Denn es gelang ihm die analytische Anbahnung des Weges, auf welchem die Lösung als eine völlig strenge und zugleich einwurfsfreie erscheint. Die von ihm erdachte neue Integrationsmethode verspricht grosse und aussichtsreiche Vortheile darzubieten.

Digitized by Google

Seit langer Zeit hat sich ferner Oppolzer mit der berühmten Frage der Strahlenbrechung in unserer Atmosphäre abgegeben. Er wurde hier zu einer neuen Theorie geführt, die er ebenfalls im letzten Jahre ausgearbeitet hat, und die günstige Aussichten auch in diesem Gebiete eröffnete. Die beiden letzteren bedeutenden Arbeiten enthalten ein reichhaltiges und schönes Arbeitsprogramm, das sich der Verfasser für die nächsten Jahre gestellt hatte und dessen Durchführung nun durch seinen unerwarteten Tod ins Stocken gerathen ist. Hoffentlich bleiben die dort ausgesprochenen Ideen nicht fruchtlos. Der Schmerz aber, dass ein so reiches, in mächtigem Aufstreben begriffenes Leben vernichtet worden ist, ist desshalb um so nachhaltiger.

Auch die allgemeine Einführung der einheitlichen Weltzeit war ein von ihm besonders eifrig verfolgtes Thema.

Ausserdem haben manche wissenschaftliche Unternehmungen, wie die internationale Gradmessung, die astronomische Gesellschaft u. A., bei denen die Persönlichkeit einzelner hervorragender Mitglieder von nicht geringerem Gewicht ist wie ihre wissenschaftliche Bedeutung, durch Oppolzer's Tod einen schweren Schlag erlitten. In der That war der Verstorbene eine Persönlichkeit, die in allen Kreisen, in denen sie auftrat, zu imponiren wusste. Scharf in der Vertretung sachlicher und wissenschaftlicher Controversen, mild und fremdes Verdienst anerkennend in persönlichen Fragen, liebenswürdig gegen Jedermann, so steht Oppolzer's Bild im Gedächtnisse seiner Freunde, Schüler und Bekannten, welche nun den frühzeitigen Tod dieses seltenen Mannes auf das Tiefste beklagen.[1])

---

1) Nach den mir gütigst überlassenen Aufzeichnungen des Herrn Hugo Seeliger. Siehe auch den Nekrolog in der Beilage zur Allg. Zeitung vom 13. Januar 1887 Nr. 13 von F. R. Ginzel.

Digitized by Google

Élie Wartmann.

Mit Élie-François Wartmann hat nicht nur die Universität Genf einen trefflichen Lehrer und Forscher in der Physik verloren, sondern auch seine Vaterstadt und sein Vaterland einen Bürger, der stets gerne bereit war, durch sein reiches Wissen gemeinnützige Unternehmungen zu fördern.

Geboren den 7. November 1817 zu Genf besuchte er die Akademie dieser Stadt, an welcher in der damaligen Zeit hervorragende Kräfte als Lehrer der Naturwissenschaften, für die er sich schon früh interessirte, thätig waren. Er zeichnete sich bei den Prüfungen durch seine Kenntnisse, vor Allem in den mathematischen und physikalischen Wissenschaften aus und lenkte dadurch die Aufmerksamkeit seiner Lehrer auf sich, so zwar, dass er sich im Alter von 21 Jahren (1838) für die an der Akademie zu Lausanne erledigte Professur für Physik und Chemie melden durfte und dieselbe auch durch einstimmigen Beschluss erhielt.

Man ersah dorten bald, dass der junge Professor der ihm gestellten Aufgabe gewachsen war; man hatte in ihm einen für die Sache begeisterten Lehrer gewonnen, der durch einen beredten klaren Vortrag und gewandt ausgeführte Experimente die Schüler zu fesseln wusste. Auch mit wissenschaftlichen Arbeiten begann er sich in Lausanne eifrig zu beschäftigen, deren Resultate, wie die meisten seiner späteren, er in den zu Genf erscheinenden naturwissenschaftlichen Zeitschriften niederlegte, wodurch sein Name bald weiteren Kreisen bekannt wurde.

Er sollte jedoch nicht lange in diesem Wirkungskreise bleiben, denn als in Folge der Genfer Revolution vom Jahre 1846 der berühmte Physiker August de la Rive mit noch mehreren der bedeutendsten Professoren der dortigen Hochschule seine Entlassung nehmen musste, da wurde Wartmann (1848) als Physiker vorgeschlagen und anfangs nur

Digitized by Google

provisorisch, dann aber definitiv ernannt. Bis zum Frühjahr 1886, also volle 38 Jahre hindurch, waltete er mit grosser Pflichttreue seines Amtes: er hat sich dabei als Lehrer sowie auch durch Herstellung einer reichhaltigen und musterhaften physikalischen Sammlung erhebliche Verdienste um die Universität Genf erworben.

Die zahlreichen wissenschaftlichen Arbeiten Wartmann's bewegen sich auf mehreren Gebieten der Physik.

Zunächst waren es, angeregt durch de la Rive's Vorträge, die elektrischen und magnetischen Erscheinungen, welche ihn (zumeist in den Jahren 1840—1850) beschäftigten. Er untersuchte namentlich die Beziehungen der Elektricität und des Magnetismus zu den anderen physikalischen Kräften und fand, dass die ersteren viele der übrigen Eigenschaften nicht beeinflussen, also z. B. nicht die Elasticität einer Stahlfeder oder die Schnelligkeit der Erkaltung eines Körpers, oder die chemischen Wirkungen des Lichtes. Er zeigte auch, dass die Pole eines Magnets chemische Verbindungen nicht zerlegen wie die Elektroden einer galvanischen Batterie. Gegenüber diesen negativen Resultaten konnte er darthun, dass ein Metall ein besseres Leitungsvermögen für Electricität annimmt, wenn man durch Druck sein Volum vermindert. Dabei ersann er auch seinen voltaischen Compensator, mit welchem man längere Zeit die Intensität eines elektrischen Stromes durch sinnreiche Regulirung der Widerstände constant zu erhalten vermag.

In einer weiteren Reihe von Versuchen befasste er sich mit dem Nachweis der Identität der chemisch wirkenden und der wärmenden Strahlen der Sonne. Ebenso wie vorher Faraday für die Lichtstrahlen eine Drehung der Polarisationsebene durch den Magnetismus nachgewiesen hatte, erkannte jetzt Wartmann das Gleiche für die durch Glimmerplatten polarisirten dunkelen Wärmestrahlen; ferner sind nach ihm die von der Sonne ausgehenden und durch die Atmosphäre

Digitized by Google

reflektirten Wärmestrahlen polarisirt wie das blaue Licht des Himmels; auch können nach seinen Versuchen die chemischen Strahlen des Spektrums ebenso polarisirt werden wie die Licht- und Wärmestrahlen.

Er interessirte sich längere Zeit für die damals noch wenig untersuchten merkwürdigen Erscheinungen der Rothblindheit des Auges oder des Daltonisums, wobei man bekanntlich das Roth von anderen Farben nicht zu unterscheiden vermag. Er that dar, dass die Rothblindheit häufiger vorkommt als man meinte und er hob als einer der ersten (1840) die Gefahren hervor, welche daraus bei dem Gebrauch von Farbensignalen bei der Dampfschifffahrt oder dem Eisenbahndienst erwachsen können.

Auch die von Pflanzen ableitbaren elektrischen Ströme erregten seine Aufmerksamkeit.

Wartmann's Sinn war bei seinen Arbeiten stets auch auf die Anwendung der durch die Wissenschaft gefundenen Thatsachen für das Leben und die Praxis gerichtet. Er hatte es mehrfach erlebt, welche Bedeutung die Entdeckungen der Wissenschaft für die Entwickelung der Industrie gewinnen können und welche Wohlthaten daraus für die Menschheit erwachsen. Darum nahmen ihn Fragen der elektrischen Beleuchtung oder der elektrischen Telegraphie wie z. B. die des gleichzeitigen Durchgangs entgegengesetzt gerichteter Ströme durch ein und denselben Draht lebhaft in Anspruch.

Seine ausgebreiteten Kenntnisse der Thatsachen sowie der Bedürfnisse der Praxis, verbunden mit der grössten Bereitwilligkeit seinen Rath zu ertheilen, haben ihm einen bedeutenden Einfluss auf die Genfer Industrie und das Gewerbe verschafft. In der berühmten Société des arts, namentlich in deren Klasse für Industrie und Handel, deren Präsident er 11 Male gewesen, war er mit Aufopferung thätig. Diesem

Digitized by Google

reichen Institute verdankt die Stadt Genf einen beträchtlichen Theil ihres künstlerischen und industriellen Rufes, und der Titel eines aktiven Mitgliedes desselben ist stets als eine ehrende Auszeichnung für Gelehrte, Industrielle und Künstler angesehen worden. Die Gesellschaft hat durch Aufstellung von Preisfragen, durch Veranstaltung von Abendvorlesungen aus dem Gebiete der Gewerbe, des Handels, der Künste und des Ackerbaues, durch Schaffung von Gewerbe- und Kunstausstellungen zu Genf, durch Errichtung der Uhrmacherschulen, von Bibliotheken und grossartigen Sammlungen für die Mechanik und das Gewerbe zu nützen gesucht. Man hat in Genf wohl erkannt, dass eine Handelsstadt nicht genug thun kann, um den Sinn der Bevölkerung auf die idealen Güter zu lenken und man hat daselbst stets Gelehrte gefunden, welche dem Gemeinwohl ihre Dienste widmeten, so z. B. Saussure, Pictet, de Candolle, de la Rive, Colladon, Gautier, Plantamour etc. Zu diesen Wohlthätern Genfs gehört auch Wartmann; er nahm sich besonders des industriellen Museums und der Uhrmacherei an, indem er in der Societät eine Sektion für Uhrmacherei errichtete und die Prüfung der Chronometer an der Sternwarte veranlasste; auch war er der Hauptbegründer der Schweizer Zeitschrift für Uhrmacherei.

Es lässt sich wohl denken, dass Wartmann's Zeit durch diese Aufgaben, dann durch Uebernahme anderer Ehrenämter sowie durch häufige Vertretung der Schweiz bei Ausstellungen und durch Berichterstattungen so in Anspruch genommen war, dass seine wissenschaftliche Thätigkeit in den letzten Jahren in den Hintergrund trat. Jedoch ist auch so sein Wirken ein fruchtbares gewesen.

Im Sommer 1886 erkrankte Wartmann ernstlich, und erholte sich nicht mehr so weit, um im Herbst, wie er gehofft hatte, seine Vorlesungen wieder aufnehmen zu können. Er starb plötzlich am 11. September 1886; in

Digitized by Google

der Wissenschaft, sowie in der Stadt Genf wird seine Name in Ehren gehalten werden.[1])

August Wilhelm Eichler.

Am 2. März 1887 erlag, erst 48 Jahre alt, der ord. Professor der Botanik an der Universität und Direktor des botanischen Gartens und Museums in Berlin, August Wilhelm Eichler einer langwierigen Krankheit (Leukämie).

Eichler nahm unter den systematischen Botanikern, welche der vergleichend-morphologischen Richtung angehören und diese Richtung durch das Studium der Entwicklungsgeschichte und der diagrammatischen Verhältnisse des Blüthenbaues zu vertiefen suchen, eine der ersten Stellen ein. An allgemeiner Orientirung in dem System mögen ihn diejenigen, welche für die ersten Systematiker der Erde überhaupt gelten, wie Hooker in England, Baillon in Frankreich, Asa Gray in Amerika noch vorgegangen sein, in dem Streben aber für den Ausbau des Systems in der bezeichneten Richtung wissenschaftliche Grundlagen zu gewinnen, steht er keinem anderen nach.

Geboren am 22. April 1839 zu Neukirchen im damaligen Kurfürstenthum Hessen, wo der Vater Lehrer war, studirte er Naturwissenschaften an der Universität Marburg, vollendete im März 1861 seine Studien und trat dann als Lehramtspraktikant an dem Gymnasium zu Marburg ein. Sein Hauptinteresse war während seiner Universitätszeit der Botanik zugewandt und schon seine Inaugural-Dissertation „zur Entwicklungsgeschichte des Blattes" zeigte die Richtung an, die er fortan mit so viel Erfolg betreten hat.

Der Marburger Botaniker Wigand erkannte das Talent des jungen Mannes und empfahl ihn dem berühmten ver-

1) Mit Benützung der Nekrologe von Charles Soret in Arch. des Sciences physiques et naturelles, Genf, T. 16. Nov. 1886 p. 488, und von Daniel Colladon, Notice biographique.

Digitized by Google

storbenen Mitgliede unserer Akademie, Martius, als geeigneten Mitarbeiter an dessen Flora Brasiliensis, der weitaus hervorragendsten und glänzendsten unter allen der bisherigen Publikationen gleicher Art.

So kam Eichler im Jahre 1861 nach München, wo er sich 1865 als Privatdozent an der Universität habilitirte.

Die Erwartungen, welche Wigand und auch Martius bei seiner Berufung in ihn setzten, sind wohl durch den Fleiss und das Geschick, womit Eichler seine Aufgabe ergriff und durchführte, weit übertroffen worden; nach dem Tode von Martius wusste man auch keinen besseren als ihn zu finden, dem die Fortführung des von jenem begonnenen grossen Werkes anvertraut werden konnte.

Unter der Leitung eines der erfahrensten Führer war ihm die Gelegenheit und die Veranlassung geboten worden sich in den verschiedensten Theilen des Systemes umzusehen, und diese Umschau fiel in eine Zeit, in welcher sich die in München gezeitigte morphologische Betrachtungsweise Karl Schimper's und Alexander Braun's und deren Bestreben, die Mannigfaltigkeit des Blüthenbaues auf allgemeinere Gesetze zurückzuführen, allmählich so weit befestiget hatte, dass die Anwendung der von ihnen begründeten diagrammatischen Methode auf das System im Allgemeinen durchführbar und eine Durchforschung des Systemes nach dieser Methode ein Bedürfniss geworden war.

Eichler gelang es, nachdem er bei der Bearbeitung verschiedener Familien für die Flora Brasiliensis diese Methode in Anwendung zu bringen versucht hatte, für deren weitere Durchführung den Rath und die Unterstützung Alexander Braun's selbst, des Freundes und Schülers von Martius zu gewinnen, und so glückte es ihm, indem er sich auf die Schultern der beiden Männer stellen konnte, das Feld, das Schimper und Braun geebnet hatten, nicht nur weiter mit zu bebauen, sondern auch die lange vorbe-

Digitized by Google

reitete Ernte auf demselben unter Mitwirkung Alexander Braun's zu halten.

Es entstand so seine klassische Arbeit über die Blüthendiagramme (1874—1878), welche für die jetzige Systematik vielfach die Grundlage und der Leitfaden geworden ist. Was für die botanische Wissenschaft diese Arbeit Eichler's, der in der gleichen Richtung seitdem unverändert weiter thätig war, bedeutet, ist dadurch wohl am besten zum Ausdrucke gekommen, dass ihm von der Leopoldinisch-Carolinischen Akademie auf den Vorschlag von Alexander Braun die Cothenius-Medaille zuerkannt worden ist, als demjenigen, dessen Arbeiten dem Fortschritte der Botanik in der jüngsten Zeit den augenfälligsten Vortheil geleistet haben.

Es kann nicht fehlen, dass man vielseitig bestrebt war, den ausgezeichneten Systematiker zu gewinnen; Eichler folgte 1871 einem Rufe als Professor der Botanik an die technische Hochschule des Joanneums zu Graz, 1873 kam er als Professor der Botanik an die Universität Kiel und 1878 wurde er als Nachfolger Alexander Braun's nach Berlin berufen.

Dort entwickelte er, obwohl bald kränkelnd, eine umfangreiche und fruchtbringende Thätigkeit, und es ist nur tief zu beklagen, dass dem Leben des hervorragenden Forschers, der noch Viel für die Wissenschaft hätte leisten können, so frühzeitig ein Ende bereitet worden ist.

Friedrich Pfaff.

Am 18. Juli 1886 ist in Erlangen das correspondirende Mitglied der mathematisch-physikalischen Classe, der verdienstvolle Mineraloge und Geologe Friedrich Pfaff nach kurzem Krankenlager verschieden. Mit reichem Talente für die Beobachtung der Erscheinungen in der Natur und mit umfassendem Wissen ausgerüstet, hat er in rastloser Arbeit viel Erspriessliches für die Wissenschaft geleistet.

Digitized by Google

Friedrich Pfaff ward am 17. Juli 1825 zu Erlangen geboren. Er entstammte einer Familie, welche der Naturwissenschaft schon mehrere ausgezeichnete Kräfte gestellt hatte. Sein Vater Wilhelm Andreas Pfaff, der als ein geistvoller und origineller Mann geschildert wird, ein geborener Württemberger, war Professor der Mathematik und Astronomie, zuletzt an der Universität in Erlangen, und befasste sich vorzüglich mit astronomischen Fragen. Auch die beiden älteren Brüder des Vaters hatten sich in der Wissenschaft einen guten Namen erworben; der Eine, Johann Friedrich Pfaff, war Professor der Mathematik an der Universität zu Helmstädt und zu Halle; der Andere, Christian Heinrich Pfaff, der Jugendfreund Cuvier's, hatte als Professor der Medizin, der Physik und der Chemie zu Kiel eine umfassende Thätigkeit ausgeübt, und namentlich die chemische Zusammensetzung vieler Mineralien festgestellt, sowie die Grundlage zu der Kenntniss des für die Nervenphysiologie so wichtigen Zuckungsgesetzes in seiner Abhängigkeit von der Stromrichtung gelegt.

Die Erziehung der Kinder Wilhelm Pfaff's geschah im Sinne des christlich-evangelischen Glaubens, jedoch in Gestattung einer freien Entwicklung ihrer Individualität, sie lernten im elterlichen Hause, in dem Schubert, Rückert und Schelling verkehrten, auch ein Verständniss für die Poesie und die Achtung für die Wissenschaft.

Ausschlaggebend für die Richtung, welche der jüngste Sohn Friedrich Pfaff später einschlug, war wohl, dass, als er am Gymnasium zu Erlangen war, welches damals unter der Leitung des vortrefflichen Pädagogen Döderlein stand, der Professor der Mineralogie an der Universität, Karl v. Raumer, zur Weckung und Schärfung des Sinnes für Naturbeobachtung den jungen Gymnasiasten, welche Lust dazu hatten, zwei Mal in der Woche einen Anschauungsunterricht in der Mineralogie, besonders in der Krystallographie, ertheilte.

Digitized by Google

Wenn man stets einen seine Aufgabe richtig erfassenden Lehrer fände, so wäre diese Art eine vortreffliche, um für das spätere naturwissenschaftliche oder medizinische Studium vorzubereiten.

Friedrich Pfaff widmete sich anfangs dem Studium der Medizin, wobei er Cannstatt's Unterweisung genoss, habilitirte sich auch (1846) in Erlangen als Privatdozent an der medizinischen Fakultät und war eine Zeit lang sogar als praktischer Arzt thätig, stets aber behielt er das lebhafteste Interesse für die Naturwissenschaften, namentlich für die Mineralogie. Er entschloss sich daher bald der letzteren Wissenschaft ganz sich hinzugeben und gieng zu seiner Ausbildung in derselben (1847) zunächst nach Prag, dann nach Berlin, um unter Weiss' Leitung zu arbeiten, woran er eine grössere Reise nach Frankreich, nach Paris und nach der Auvergne zur Untersuchung der dortigen erloschenen Vulkane anschloss. Mit reichen Kenntnissen und Erfahrungen heimgekehrt, wurde er im Jahre 1859 zum ausserordentlichen Professor und 1863 zum ordentlichen Professor der Mineralogie an der Universität Erlangen an Karl v. Raumer's Stelle ernannt, die er bis zu seinem Tode einnahm.

Pfaff war ein gewissenhafter und unermüdlich thätiger Naturforscher; er hat eine grosse Anzahl von Arbeiten auf dem Gebiete der Krystallographie, der Physik der Mineralien, der allgemeinen und experimentellen Geologie und der physikalischen Geographie, insbesondere der Gletscherkunde geschrieben, welche unsere Kenntnisse hierin wesentlich erweitert und vertieft haben.

Als akademischer Lehrer war er wegen seiner Gründlichkeit, der strengen Methode und der Klarheit der Darstellung sehr beliebt; darum wurden auch seine Vorlesungen über Mineralogie, Geologie und Schöpfungsgeschichte nicht nur von Fachleuten, sondern auch von anderen Studirenden gehört.

Digitized by Google

Wir verdanken ausserdem Pfaff eine Anzahl von trefflichen Lehr- und Handbüchern, in denen er seine Kenntnisse und Ansichten weiteren Kreisen nutzbar zu machen suchte, so z. B. das Lehrbuch der Krystallographie, die Schöpfungsgeschichte, die allgemeine Geologie als exakte Wissenschaft, den Grundriss der Geologie, den Mechanismus der Gebirgsbildung.

Ein Theil von Pfaff's Schriften ist aus seiner besonderen religiösen Stellung hervorgegangen. Als gläubiger Christ, auf dem Grunde der Bibel und der Offenbarung stehend, vermochte er sich nur auf diesem Boden eine Entwicklung des Menschengeschlechtes zum Guten zu denken.

In der Ueberzeugung von einer göttlichen Weltregierung und einer sittlichen Weltordnung erschienen ihm die Dinge als das bewundernswerthe Werk der schöpferischen Weisheit einer höchsten, persönlichen, zweckvoll wirkenden Intelligenz. Diesen seinen Glauben vertheidigte er in Schrift und Wort mit Feuereifer und unerschrockenem Muth gegen Anders Gesinnte. Namentlich suchte er zu zeigen, dass die Ergebnisse der Naturwissenschaft sich mit dem Offenbarungsglauben vereinigen lassen; er erachtete es als eine heilige Aufgabe, dem deutschen Volke, das er über Alles liebte, diesen Glauben und eine ideale christliche Auffassung der Welt zu erhalten, und in diesem Sinne trat er auch in die politischen Parteikämpfe ein.

Wenn es auch leider richtig ist, dass so Manches, was von gewisser Seite als sicheres Ergebniss der Naturforschung und als Thatsache verkündiget wird, bis jetzt nur ein Problem oder eine Hypothese ist, welche erst des Beweises harrt, so scheint mir doch Pfaff als Naturforscher bei den zuletzt angegebenen Bestrebungen nicht selten in den gleichen Fehler verfallen zu sein, wie jene, indem er einen Glauben für naturwissenschaftlich erwiesen ansah und geneigt war das,

Digitized by Google

was er in dieser Beziehung für richtig hielt, auch als das wirklich Wahre zu betrachten. Niemand aber wird dem unerschrockenen Kämpfer für seine Ueberzeugung die Reinheit der Gesinnung und die Lauterkeit des Strebens absprechen können[1]).

1) Mit Benützung des Nekrologes von G. vom Rath, im Neuen Jahrbuch für Mineralogie, 1887 Bd. 1; dann der Rede bei der Beerdigung von Friedrich Pfaff, gehalten von Walter Caspari am 20. Juli 1886. Ferner der Nekrologe: in der deutschen Reichspost, Stuttgart 31. Juli 1886; von A. Ebrard in der Allgemeinen konservativen Monatsschrift für das christliche Deutschland, Bd. 44, Januarheft; in den Akademischen Blättern, Verbands-Organ der Vereine deutscher Studenten 1886, 1. Jahrgang, Nr. 9, S. 77.

Digitized by Google

Digitized by Google

Sitzung vom 7. Mai 1887.

1. Herr E. LOMMEL hielt einen Vortrag über „die Photometrie der diffusen Zurückwerfung".

2. Herr KARL HAUSHOFER theilte Beobachtungen „über die mikroscopischen Formen des Germaniumsulfides und des Germaniumoxydes" mit.

3. Herr FRANZ HESSLER liest eine Studie: „allgemeine Uebersicht der Heilkunde der alten Inder".

4. Herr K. A. v. ZITTEL legt eine Abhandlung des Herrn OTTO REIS „über Belonostomus, Aspidorhynchus und ihre Beziehungen zum lebenden Lepidosteus" vor.

Die Photometrie der diffusen Zurückwerfung.

Von E. Lommel.

(Eingelaufen 7. Mai.)

In einer früheren Abhandlung „über Fluorescenz"[1]) habe ich in einem „über die Grundsätze der Photometrie" überschriebenen Abschnitt gezeigt, dass in der theoretischen Photometrie nicht, wie bis dahin üblich war, die Flächenelemente einer leuchtenden Oberfläche, sondern die Volumenelemente des leuchtenden Körpers als lichtstrahlend zu betrachten seien. Demgemäss wurden der theoretischen Behandlung photometrischer Probleme die folgenden drei Sätze zu Grunde gelegt:

1) Lommel, Wied. Ann. X. 449—472; 631—654. 1880.

Digitized by Google

I. Die von einem Volumenelement nach einem andern strahlende Lichtmenge ist dem Quadrate ihrer Entfernung umgekehrt proportional.

II. Die von einem Volumenelement ausstrahlende und auf ein Flächenelement fallende Lichtmenge ist dem Cosinus des Incidenzwinkels proportional.

III. Das von einem Volumenelement ausstrahlende Licht wird auf seinem Wege innerhalb des strahlenden Körpers nach Massgabe des Absorptionsgesetzes geschwächt.

Der Lambert'sche Satz vom Cosinus des Emanationswinkels war hiedurch aus der Reihe der photometrischen Grundsätze ausgeschieden, und an seine Stelle der vorstehende Satz III gesetzt worden. Das Cosinusgesetz ergab sich vielmehr jetzt als Folgerung aus den obigen Grundsätzen, jedoch nur für undurchsichtige glühende Körper; für Selbstleuchter, die für Licht durchlässig sind, wie z. B. Flammen, gilt das Cosinusgesetz nicht.

In der citirten Arbeit wurde auf der Grundlage obiger Sätze nur das Verhalten selbstleuchtender (glühender und fluorescirender) Körper in Betracht gezogen, dagegen das ungleich schwierigere Problem der mit erborgtem Lichte durch diffuse Reflexion leuchtenden Körper, als mit dem Thema jener Abhandlung nicht in unmittelbarem Zusammenhang stehend, unberührt gelassen.

Auch bei den zerstreut reflectirenden Substanzen war seit Lambert für das von ihnen zurückgestrahlte Licht das Cosinusgesetz angenommen worden. Dasselbe liess sich jedoch weder theoretisch begründen, noch zeigte es sich mit den Beobachtungen in befriedigendem Einklang. Auf diese namentlich auch für die Photometrie der Planeten bedeutungsvolle Sachlage hat neuerdings Seeliger[1]) mit Nach-

1) Seeliger, Vierteljahrsschr. der astronom. Gesellsch. Bd. 20, p. 267; Bd. 21, p. 216.

Digitized by Google

ruck hingewiesen, und insbesondere an einer Reihe Beobachtungen gezeigt, dass von einer experimentellen Bestätigung es Lambert'schen Cosinusgesetzes für zerstreut reflectirende Körper nicht die Rede sein kann. Durch diese Arbeiten Seeliger's angeregt, habe ich die vorliegende bereits 1880 begonnene Arbeit wieder aufgenommen, welche sich die Aufgabe stellt, das Verhalten diffus reflectirender Körper aus den obigen Grundsätzen der Photometrie zu entwickeln.

1. Wenn durch die Fläche $d\omega$ des Volumenelementes $l\omega d\varrho = dv$ eines beleuchteten das Licht diffus zurückwerfenden Körpers die Lichtmenge $d\omega$ (d. i. auf die Flächeneinheit die Einheit der Lichtmenge) senkrecht eindringt, so sei:

$$l\, d\omega\, d\varrho$$

die Lichtmenge, welche von dem Volumenelement nach allen Richtungen hin zerstreut wird. Die Grösse l nennen wir das Diffusionsvermögen des Körpers. Dasselbe ist unabhängig von der Farbe des einfallenden Lichts, und wird nur bedingt von dem Grade der Trübung, Pulverisirung, Zerstäubung, Schaumbläschenbildung, Rissigkeit u. s. w. des zerstreuenden Körpers; für einen vollkommen klaren (limpiden) Körper ist das Diffusionsvermögen $l = o$.

2. Da das Lichtbündel von der Intensität $d\omega$, indem es die Strecke $d\varrho$ durchläuft, die nach allen Seiten hin zerstreute Lichtmenge $l\, d\omega\, d\varrho$ einbüsst, so erleidet es durch die Diffusion eine Schwächung, die nach demselben Gesetze erfolgt, wie diejenige durch Absorption.

3. Gleichzeitig wird es aber noch geschwächt durch eigentliche Absorption, sowohl beim Durchgang durch die diffundirenden Körpertheilchen selbst, als auch beim Durchgang durch das klar durchsichtige Zwischenmittel, welches die Zwischenräume zwischen jenen Theilchen erfüllt. Durch diese Absorption verliert es noch die Lichtmenge:

$$k\, d\omega\, d\varrho,$$

Digitized by Google

wo das Absorptionsvermögen k eine Function der Wellenlänge ist, da ja Körpertheilchen und Zwischenmittel „gefärbt" sein können.

4. Die bisher gemachte Annahme, dass das Volumenelement ein gerades Prisma mit zur Richtung des einfallenden Lichtbündels parallelen Seitenkanten sei, ist durchaus nicht nothwendig. Das Volumenelement kann nämlich, welche Gestalt es auch haben mag, parallel zu den einfallenden Lichtstrahlen in schmale gerade Prismen zerlegt gedacht werden, deren jedes in der angegebenen Weise auf das durchgehende Licht einwirkt. Durch ein beliebig gestaltetes Volumenelement werden daher einem Lichtbündel, das für die Einheit des Querschnitts die Einheit der Lichtmenge mit sich führt, durch Absorption und Diffusion die Lichtmengen:

$$k\,dv \quad \text{und} \quad l\,dv$$

entzogen.

5. Die Lichtmenge $l\,dv$ wird von dem Volumenelement nach allen Richtungen ringsum ausgestrahlt. Nehmen wir an, dass die Strahlung nach allen Richtungen hin gleichmässig erfolge, so wird die Oberfläche 4π einer Kugel, welche mit dem Radius 1 um das Volumenelement beschrieben gedacht wird, von der Lichtmenge $l\,dv$ gleichmässig erleuchtet. Die Lichtmenge, welche das Element dv nach einer beliebigen Richtung pro Flächeneinheit dieser Kugel aussendet, beträgt daher:

$$\frac{l}{4\pi}\,dv.$$

6. Wir bestimmen nun die Lichtmenge, welche eine unendlich dünne lichtstrahlende planparallele Schicht, deren Leuchtkraft für die Einheit des Volumens F beträgt, nach einem Volumenelement dv sendet, welches ebenso wie jene Schicht selbst in ein Mittel, dessen Absorptionsvermögen k und dessen Diffusionsvermögen l ist, eingebettet liegt. Ist

Digitized by Google

ϱ der Abstand der Schicht von dem Elemente dv, $d\varrho$ ihre Dicke, und theilen wir sie durch eine Schaar gerader Kreiskegel, die dv als gemeinschaftliche Spitze und ϱ als gemeinschaftliche Axe haben, in schmale Elementarringe, so ist, wenn α den halben Oeffnungswinkel eines beliebigen dieser Kegel bezeichnet, der Rauminhalt eines solchen Ringes:

$$2\pi\varrho^2 \operatorname{tang}\alpha \sec^2\alpha \, d\alpha \, d\varrho.$$

Dieser Ring sendet nach dem Volumenelemente dv, welches von allen seinen Punkten die Entfernung $\varrho \sec\alpha$ besitzt, die Lichtmenge:

$$dv \cdot \frac{F}{4\pi} \cdot \frac{2\pi\varrho^2 \operatorname{tang}\alpha \sec^2\alpha \, d\alpha \, d\varrho}{\varrho^2 \sec^2\alpha} e^{-(k+l)\varrho \sec\alpha}$$

oder, wenn wir noch der Kürze wegen

$$k + l = m$$

setzen, die Lichtmenge:

$$\tfrac{1}{2} F \, dv \, d\varrho \, d\alpha \operatorname{tang}\alpha \, e^{-m\varrho \sec\alpha},$$

weil ja das Licht auf seinem Wege $\varrho \sec\alpha$ einerseits nach dem umgekehrten Quadrate der Entfernung und andererseits durch Absorption und Diffusion geschwächt wird.

Um die gesammte Lichtmenge zu erhalten, welche von der Schicht, die wir uns von unbegrenzter Ausdehnung denken, dem Volumenelemente dv zugestrahlt wird, hat man diesen Ausdruck nach α von $\alpha = 0$ bis $\alpha = \frac{1}{2}\pi$ zu integriren. Setzen wir:

$$\varrho \sec\alpha = x, \text{ folglich } \operatorname{tang}\alpha \, d\alpha = \frac{dx}{x},$$

so wird:

$$\int_0^{\frac{\pi}{2}} e^{-m\varrho \sec\alpha} \operatorname{tang}\alpha \, d\alpha = \int_\varrho^\infty \frac{e^{-mx}}{x} dx = -\operatorname{li} e^{-m\varrho},$$

Digitized by Google

wo:

$$\mathrm{li}\, e^{-m\varrho} = C + \log m\varrho - m\varrho + \tfrac{1}{2}\cdot\frac{(m\varrho)^2}{2!} - \tfrac{1}{3}\frac{(m\varrho)^3}{3!} + - \ldots$$

der sogenannte Integrallogarithmus, und

$$C = 0{,}5772157$$

die Constante des Integrallogarithmus ist.

Die dem Volumenelemente dv von der Schicht $d\varrho$ ausgestrahlte Lichtmenge beträgt demnach:

$$-\tfrac{1}{2} F\, dv\, d\varrho\, \mathrm{li}\, e^{-m\varrho}.$$

7. Gehört die Schicht $d\varrho$ einem durch Diffusion leuchtenden Körper an, und liegt sie in der Tiefe r' parallel unter der gleichmässig beleuchteten ebenen Oberfläche des Körpers, so ist F offenbar eine Function von r' $(= F(r'))$. Befindet sich das Volumenelement dv in der Tiefe r unter der Oberfläche, so ist:

$$\varrho = r - r',\ d\varrho = -dr',$$

und man hat, um die Lichtmenge zu finden, welche das Volumenelement dv von den darüber liegenden Schichten empfängt, das Integral:

$$-\tfrac{1}{2} dv \int_0^r F(r') \cdot \mathrm{li}\, e^{-m(r-r')} dr'$$

zu bilden. Für die Schichten unterhalb dv ist:

$$\varrho = r' - r,\ d\varrho = dr',$$

und das Integral:

$$-\tfrac{1}{2} dv \int_r^R F(r') \cdot \mathrm{li}\, e^{-m(r'-r)} dr'$$

gibt die Lichtmenge an, welche das Volumenelement dv von rückwärts erhält, wenn R die Gesammtdicke des als planparallele Platte gedachten beleuchteten Körpers bedeutet.

Digitized by Google

Die Lichtmenge, welche die ganze Platte dem in der Tiefe r unter ihrer beleuchteten Oberfläche gelegenen Volumenelemente dv zustrahlt, ist demnach:

$$-\tfrac{1}{2}\,dv\left(\int_0^r F(r')\cdot \mathrm{lie}^{-m(r-r')}\,dr' + \int_r^R F(r')\cdot \mathrm{lie}^{-m(r'-r)}\,dr'\right).$$

8. Bezeichnen wir mit f(r) die Lichtmenge, welche auf diese Weise, nämlich indirect durch die diffuse Strahlung sämmtlicher Theilchen des zerstreuenden Körpers, der Volumeneinheit in der Tiefe r unter der beleuchteten Oberfläche zugeführt wird, so ist:

$$f(r) = -\tfrac{1}{2}\left(\int_0^r F(r')\cdot \mathrm{lie}^{-m(r-r')}\,dr' + \int_r^R F(r')\cdot \mathrm{lie}^{-m(r'-r)}\,dr'\right).$$

Die Lichtmenge F(r′), welche die Volumeneinheit in der Tiefe r′ nach allen Seiten ausstrahlt, besteht aber aus zwei Antheilen, nämlich aus dem Antheil, welcher von der unmittelbaren Beleuchtung durch die direct einfallenden Strahlen, und dem soeben besprochenen Antheil, welcher von der allseitigen diffusen Beleuchtung durch die umgebenden Schichten herrührt.

Bezeichnet man daher die der Volumeneinheit an der Oberfläche durch ein paralleles Strahlenbündel aus irgend einer Richtung zugeführte und in den Körper eindringende Lichtmenge mit a, und den inneren Einfallswinkel mit i, so ist, wenn l das Diffusionsvermögen bezeichnet:

$$F(r') = l\left(a e^{-\frac{mr'}{\cos i}} + f(r')\right).$$

Es ergibt sich demnach die Gleichung:

Digitized by Google

HARVARD LIBRARY

$$f(r) = -\tfrac{1}{2}l\left(\int_0^r \left(ae^{-\frac{mr'}{\cos i}} + f(r')\right) lie^{-m(r-r')}\,dr' + \int_r^R \left(ae^{-\frac{mr'}{\cos i}} + f(r')\right) lie^{-m(r'-r)}\,dr'\right),$$

aus welcher die unbekannte Function $f(r)$ zu bestimmen ist.

9. Man kann sich die Function $f(r)$ zerlegt denken in eine Summe von unendlich vielen Gliedern:

$$f(r) = f_1(r) + f_2(r) + f_3(r) + \cdots,$$

wo der erste Antheil $f_1(r)$ von der erstmaligen indirecten diffusen Reflexion, die folgenden Antheile $f_2(r)$, $f_3(r)$, ... dagegen von den indirecten Reflexionen immer höherer Ordnung herrühren. Man hat alsdann:

$$f_1(r) = -\tfrac{1}{2}al\left(\int_0^r e^{-\frac{mr'}{\cos i}} lie^{-m(r-r')}\,dr' + \int_r^R e^{-\frac{mr'}{\cos i}} lie^{-m(r'-r)}\,dr'\right),$$

und weiter:

$$f_2(r) = -\tfrac{1}{2}l\left(\int_0^r f_1(r') lie^{-m(r-r')}\,dr' + \int_r^R f_1(r') lie^{-m(r'-r)}\,dr'\right),$$

$$f_3(r) = -\tfrac{1}{2}l\left(\int_0^r f_2(r') lie^{-m(r-r')}\,dr' + \int_r^R f_2(r') lie^{-m(r'-r)}\,dr'\right),$$

u. s. f., und sieht, dass die Glieder der obigen unendlichen Reihe durch successive Quadraturen gefunden werden können.

Digitized by Google

10. Die Function $f_1(r)$ ist leicht zu ermitteln. Setzen wir nämlich in dem ersten der beiden Integrale $r - r' = x$, so erhalten wir:

$$-\int e^{-\frac{mr'}{\cos i}} \operatorname{lie}^{-m(r-r')}\, dr' = e^{-\frac{mr}{\cos i}} \int e^{\frac{mx}{\cos i}} \operatorname{lie}^{-mx}\, dx$$

$$= \frac{\cos i}{m} e^{-\frac{mr}{\cos i}} \left(e^{\frac{mx}{\cos i}} \operatorname{lie}^{-mx} - \int e^{\frac{1-\cos i}{\cos i} mx} \frac{dx}{x} \right)$$

$$= \frac{\cos i}{m} e^{-\frac{mr}{\cos i}} \left(e^{\frac{mx}{\cos i}} \operatorname{lie}^{-mx} - \operatorname{lie}^{\frac{1-\cos i}{\cos i} mx} \right),$$

folglich:

$$-\int_0^r e^{-\frac{mr'}{\cos i}} \operatorname{lie}^{-m(r-r')}\, dr'$$

$$= \frac{\cos i}{m} \left(e^{-\frac{mr}{\cos i}} \operatorname{lie}^{\frac{1-\cos i}{\cos i} mr} - \operatorname{lie}^{-mr} \right)$$

$$+ \frac{\cos i}{m} e^{-\frac{mr}{\cos i}} \left(e^{\frac{mx}{\cos i}} \operatorname{lie}^{-mx} - \operatorname{lie}^{\frac{1-\cos i}{\cos i} mx} \right)_{x=0}.$$

Nun ist aber:

$$e^{\frac{mx}{\cos i}} \operatorname{lie}^{-mx} = e^{\frac{mx}{\cos i}} \left(C + \log mx - mx + \tfrac{1}{2} \cdot \frac{(mx)^2}{2!} - + \cdots \right).$$

und, wenn wir zur Abkürzung:

$$\frac{1 - \cos i}{\cos i} m = m'$$

setzen:

$$\operatorname{lie}^{\frac{1-\cos i}{\cos i} mx} = C + \log mx + \log \frac{1 - \cos i}{\cos i} + m'x + \tfrac{1}{2} \cdot \frac{(m'x)^2}{2!} + \cdots;$$

Digitized by Google

demnach:

$$e^{\frac{mx}{\cos i}} \operatorname{lie}^{-mx} - \operatorname{lie}^{\frac{1-\cos i}{\cos i} mx}$$

$$= C\left(e^{\frac{mx}{\cos i}} - 1\right) + \left(e^{\frac{mx}{\cos i}} - 1\right) \log mx - \log \frac{1-\cos i}{\cos i}$$

$$- e^{\frac{mx}{\cos i}} \left(mx - \tfrac{1}{2} \cdot \frac{(mx)^2}{2!} + - \cdots\right) - m'x - \tfrac{1}{2} \frac{(m'x)^2}{2!} - \cdots,$$

woraus für $x = o$ hervorgeht:

$$\left(e^{\frac{mx}{\cos i}} \operatorname{lie}^{-mx} - \operatorname{lie}^{\frac{1-\cos i}{\cos i} mx}\right)_{x=o} = -\log \frac{1-\cos i}{\cos i}.$$

Wir erhalten demnach:

$$-\int_o^r e^{-\frac{mr'}{\cos i}} \operatorname{lie}^{-m(r-r')} dr'$$

$$= \frac{\cos i}{m}\left(e^{-\frac{mr}{\cos i}} \operatorname{lie}^{\frac{1-\cos i}{\cos i} mr} - \operatorname{lie}^{-mr} - e^{-\frac{mr}{\cos i}} \log \frac{1-\cos i}{\cos i}\right).$$

Für das zweite in dem Ausdruck für $f_1(r)$ vorkommende Integral erhalten wir, $r' - r = x$ setzend, ganz analog:

$$-\int_r^R e^{-\frac{mr'}{\cos i}} \operatorname{lie}^{-m(r'-r)} dr' = -e^{-\frac{mr}{\cos i}} \int_o^{R-r} e^{-\frac{mx}{\cos i}} \operatorname{lie}^{-mx} dx$$

$$= -\frac{\cos i}{m} e^{-\frac{mr}{\cos i}} \left(\operatorname{lie}^{-\frac{1+\cos i}{\cos i} mx} - e^{-\frac{mx}{\cos i}} \operatorname{lie}^{-mx}\right)_o^{R-r},$$

und da auf demselben Wege wie oben:

$$\left(\operatorname{lie}^{-\frac{1+\cos i}{\cos i} mx} - e^{-\frac{mx}{\cos i}} \operatorname{lie}^{-mx}\right)_{x=o} = \log \frac{1+\cos i}{\cos i}$$

Digitized by Google

gefunden wird, so ergibt sich:

$$-\int_r^R e^{-\frac{mr'}{\cos i}} \operatorname{lie}^{-m(r'-r)}\, dr'$$

$$= \frac{\cos i}{m}\left(-e^{-\frac{mr}{\cos i}}\operatorname{lie}^{-\frac{1+\cos i}{\cos i}m(R-r)} + e^{-\frac{mR}{\cos i}}\operatorname{lie}^{-m(R-r)}\right.$$

$$\left. + e^{-\frac{mr}{\cos i}}\log\frac{1+\cos i}{\cos i}\right).$$

Wir haben also schliesslich:

$$f_1(r) = a\cos i\frac{l}{2m}\left(e^{-\frac{mr}{\cos i}}\operatorname{lie}^{\frac{1-\cos i}{\cos i}mr} - e^{-\frac{mr}{\cos i}}\operatorname{lie}^{-\frac{1+\cos i}{\cos i}m(R-r)}\right.$$

$$\left. + e^{-\frac{mr}{\cos i}}\log\frac{1+\cos i}{1-\cos i} - \operatorname{lie}^{-mr} + e^{-\frac{mR}{\cos i}}\operatorname{lie}^{-m(R-r)}\right).$$

Hieraus folgt für die von den einfallenden Strahlen getroffene Oberfläche ($r = o$):

$$f_1(o) = a\cos i\frac{l}{2m}\left(\log\frac{1+\cos i}{\cos i} + e^{-\frac{mR}{\cos i}}\operatorname{lie}^{-mR} - \operatorname{lie}^{-\frac{1+\cos i}{\cos i}mR}\right),$$

und für die Rückseite der Platte ($r = R$):

$$f_1(R) = a\cos i\frac{l}{2m}\left(e^{-\frac{mR}{\cos i}}\operatorname{lie}^{\frac{1-\cos i}{\cos i}mR}\right.$$

$$\left. - e^{-\frac{mR}{\cos i}}\log\frac{1-\cos i}{\cos i} - \operatorname{lie}^{-mR}\right).$$

11. Ist mR so gross, dass e^{-mR} als verschwindend klein angesehen werden kann, d. h. dringt die einfallende Strahlung bis zur Rückseite der nunmehr undurchlässigen Platte nicht in merklichem Betrage vor, so ist selbstver-

Digitized by Google

ständlich auch $f_1(R)$ verschwindend klein, und für die Oberfläche ergibt sich:

$$f_1(o) = a\cos i \frac{1}{2m} \log \frac{1+\cos i}{\cos i}.$$

Da in diesem Falle alle jenseits der Tiefe R gelegenen Schichten merkliches Licht weder empfangen noch ausstrahlen, so kann geradezu $R = \infty$ setzen. Man hat demnach für eine undurchlässige Platte ($R = \infty$):

$$f_1(r) = a\cos i \frac{1}{2m} \left(e^{-\frac{mr}{\cos i}} \operatorname{li} e^{\frac{1-\cos i}{\cos i} mr} + e^{-\frac{mr}{\cos i}} \log \frac{1+\cos i}{1-\cos i} - \operatorname{li} e^{-mr} \right).$$

12. Bei senkrechter Incidenz ($i = o$) erhält man für eine Platte von beliebiger Dicke R, da:

$$\operatorname{li} e^{\frac{1-\cos i}{\cos i} mr} + \log \frac{1+\cos i}{1-\cos i}$$
$$= C + \log mr + \log \frac{1-\cos i}{\cos i} + \frac{1-\cos i}{\cos i} mr - + \cdots$$
$$+ \log \frac{1+\cos i}{\cos i} - \log \frac{1-\cos i}{\cos i}$$

sich für $i = o$ auf:

$$C + \log 2mr$$

zurückzieht:

$$[f_1(r)]_{i=o}$$
$$= a \frac{1}{2m} \left(e^{-mr} (C + \log 2mr) - \operatorname{li} e^{-mr} - e^{-mr} \operatorname{li} e^{-2m(R-r)} + e^{-mR} \operatorname{li} e^{-m(R-r)} \right),$$

und, wenn die Platte undurchlässig ($R = \infty$) ist:

$$[f_1(r)]_{i=o} = a \frac{1}{2m} \left(e^{-mr} (C + \log 2mr) - \operatorname{li} e^{-mr} \right).$$

Digitized by Google

13. Wir betrachten jetzt, für den Fall einer undurchlässigen Platte (11), den Gang der Werthe von $f_1(r)$, indem wir zu den Abscissen r die Functionswerthe $f_1(r)$ als Ordinaten einer Curve aufgetragen denken.

Der Differentialquotient:

$$\frac{\partial f_1(r)}{\partial r} = -\frac{al}{2} e^{-\frac{mr}{\cos i}} \left(li\, e^{\frac{1-\cos i}{\cos i} mr} + \log \frac{1+\cos i}{1-\cos i} \right)$$

lässt erkennen, dass die Curve die Ordinatenaxe berührt (da $li\, 1 = -\infty$ ist), sich sodann bis zu einem Maximum bei:

$$li\, e^{\frac{1-\cos i}{\cos i} mr} = -\log \frac{1+\cos i}{1-\cos i}$$

erhebt, um von da an gegen die Abscissenaxe asymptotisch herabzusinken.

Mit Hilfe von Soldner's Tabelle der Integrallogarithmen[1]) lassen sich die numerischen Werthe von $f_1(r)$ leicht berechnen. Für senkrechte Incidenz ($i = o$) sind in der folgenden kleinen Tabelle einige Werthe des Ausdrucks:

$$\frac{2m}{al} [f_1(r)]_{i=o} = e^{-mr} (C + \log 2mr) - li\, e^{-mr} = y$$

für das Argument e^{-mr}, unter gleichzeitiger Angabe der zugehörigen Werthe von mr und $li\, e^{-mr}$ zusammengestellt.

Da in diesem Falle:

$$\frac{\partial y}{\partial r} = -me^{-mr} (C + \log 2mr)$$

ist, so bestimmt sich der Werth von mr, für welchen y ein Maximum ist, aus der Gleichung:

$$\log 2mr = -C.$$

---

1) Soldner, Théorie et Tables d'une nouvelle fonction transcendante. München 1809.

Digitized by Google

Man findet hieraus:

$mr = 0{,}28073$, $e^{-mr} = 0{,}75523$, $y_{max.} = 0{,}95534$.

e^{-mr}	mr	$li\, e^{-mr}$	y
1,0	0	$-\infty$	0,69315
0,9	0,10536	− 1,77580	0,89384
0,8	0,22314	1,13401	0,95034
0,7	0,35668	0,78095	0,94811
0,6	0,51083	0,54685	0,90603
0,5	0,69315	0,37867	0,83060
0,4	0,91629	0,25295	0,72613
0,3	1,20397	0,15741	0,59352
0,2	1,60944	0,08513	0,43438
0,1	2,30259	0,03239	0,24283
0,01	4,60517	− 0,00183	0,02981
0	∞	0	0

14. Auf die Ermittelung der von den Reflexionen höherer Ordnung herrührenden Lichtantheile f_2, f_3, ··· mit Hilfe der oben (9) angedeuteten Quadraturen müssen wir verzichten, da dieselben zu Integralen führen, die sich auf bekannte Functionen nicht reduciren lassen.

Noch weniger erscheint es möglich, mit den bis jetzt zu Gebote stehenden mathematischen Hilfsmitteln die Function f(r), welche für die theoretische Photometrie von fundamentaler Bedeutung ist, in geschlossener Form aus der obigen Bestimmungsgleichung (8) exact zu entwickeln.

Dagegen wollen wir versuchen, wenigstens einen angenäherten Ausdruck für diese Function durch folgende Betrachtungen zu gewinnen.

15. Die Bestimmungsgleichung für die Function f(r) lautet, wenn man die bereits ermittelte Function $f_1(r)$ in sie einführt, wie folgt:

Digitized by Google

$$f(r)-f_1(r)$$
$$=-\tfrac{1}{2}l\left(\int_0^r f(r')\,l\,e^{-m(r-r')}\,dr'+\int_r^R f(r')\,l\,e^{-m(r'-r)}\,dr'\right).$$

Durch Differentiation derselben nach r ergibt sich hieraus zunächst:

$$\frac{\partial f}{\partial r}-\frac{\partial f_1}{\partial r}=-\tfrac{1}{2}l\left(\int_0^r f(r')\cdot\frac{e^{-m(r-r')}}{r-r'}\,dr'-\int_r^R f(r')\,\frac{e^{-m(r'-r)}}{r'-r}\,dr'\right.$$
$$\left.+\left[f(r')\,l\,e^{-m(r-r')}\right]_{r'=r}-\left[f(r')\,l\,e^{-m(r'-r)}\right]_{r'=r}\right),$$

oder, weil die vom Integralzeichen befreiten Glieder sich wegheben:

$$\frac{\partial f}{\partial r}-\frac{\partial f_1}{\partial r}=-\tfrac{1}{2}l\left(\int_0^r f(r')\cdot\frac{e^{-m(r-r')}}{r-r'}\,dr'-\int_r^R f(r')\cdot\frac{e^{-m(r'-r)}}{r'-r}\,dr'\right).$$

Setzt man in diesen Gleichungen in dem ersten Integral $r-r'=x$, in dem zweiten $r'-r=x$, so lauten sie:

$$f(r)-f_1(r)=-\tfrac{1}{2}l\left(\int_0^r f(r-x)\,l\,e^{-mx}\,dx+\int_0^{R-r} f(r+x)\,l\,e^{-mx}\,dx\right)$$

und:

$$\frac{\partial f}{\partial r}-\frac{\partial f_1}{\partial r}=-\tfrac{1}{2}l\left(\int_0^r f(r-x)\cdot\frac{e^{-mx}}{x}\,dx-\int_0^{R-r} f(r+x)\cdot\frac{e^{-mx}}{x}\,dx\right).$$

Diese Gleichungen lassen erkennen, dass die ihrer Natur nach stets positive und endliche Function f(r) einen ähnlichen Verlauf nimmt wie die Function $f_1(r)$; ihr Differentialquotient $\partial f/\partial r$ ist positiv unendlich für $r=0$, wird später negativ und verschwindet, wie auch die Function selbst, für $r=\infty$. Die Function f(r) besitzt daher (wenn $R=\infty$ ist) ein Maximum, das jedoch erst bei einem grösseren Werthe

Digitized by Google

von mr eintritt als dasjenige der Function $f_1(r)$. Denn $f(r)$ ein Maximum und sonach $\partial f/\partial r = 0$, so ist die re Seite der letzten Gleichung nothwendig positiv, woraus f dass das Maximum eintritt bei einem Werthe von mr, welchen $\partial f_1/\partial r$ bereits negativ ist.

16. Da $-\mathrm{lie}^{-mx}$ für $mx = 0$ unendlich gross ist, von da mit wachsendem mx rasch abnimmt, so fallen dem Ausdruck:

$$f(r)-f_1(r)=-\tfrac{1}{2}\mathrm{l}\Big(\int_0^r f(r-x)\mathrm{lie}^{-mx}dx+\int_0^{R-r} f(r+x)\mathrm{lie}^{-mx}dx$$

die Anfangselemente der Integrale in der Nähe von $x=$ gegenüber den späteren bei grösseren Werthen von x be sonders stark ins Gewicht, oder, mit anderen Worten, die der Tiefe r unter der Oberfläche gelegene Schicht wird wes aus am stärksten von den ihr beiderseits unmittelbar an grenzenden Schichten beleuchtet.

Legen wir nun sämmtlichen Schichten die in der Tie r herrschende Leuchtkraft bei, indem wir $f(r)$ sowohl sta $f(r-x)$ als auch statt $f(r+x)$ setzen, so dürfen wir an nehmen, dass der hiebei begangene Fehler verhältnissmäss nur gering ausfalle, weil der Factor lie^{-mx} die Wirkun der entfernten Schichten, welches auch ihre Leuchtkraft se mag, nahezu hinwegtilgt, diejenige der nächstliegenden al zu voller Geltung kommen lässt.

Erwägungen dieser Art geben Anlass zu der Vermuthung dass eine Function $f'(r)$, welche der Gleichung

$$f'(r)-f_1(r)=-\tfrac{1}{2}\mathrm{l}f'(r)\Big(\int_0^r \mathrm{lie}^{-mx}dx+\int_0^{R-r}\mathrm{lie}^{-mx}dx\Big)$$

genügt, nicht allzuweit von der Function $f(r)$ abweiche, und daher annähernd statt ihrer gesetzt werden könne.

Digitized by Google

17. Man findet nun leicht:

$$\int \mathrm{li}\, e^{-mx} dx = \frac{1}{m}\left(e^{-mx} + mx\,\mathrm{li}\, e^{-mx}\right)$$

und sonach:

$$-\tfrac{1}{2}\mathrm{l}\left(\int_0^r \mathrm{li}\, e^{-mx} dx + \int_0^{R-r} \mathrm{li}\, e^{-mx} dx\right)$$

$$= \frac{1}{2m}\left(2 - e^{-mr} - mr\,\mathrm{li}\, e^{-mr} - e^{-m(R-r)} - m(R-r)\mathrm{li}\, e^{-m(R-r)}\right)$$

$$= \frac{1}{2m}\varphi(r).$$

Die Function $\varphi(r)$ bleibt ungeändert, wenn r mit R—r vertauscht wird, d. h. sie ist symmetrisch in Bezug auf die Mittelschicht ($r = \frac{1}{2}R$) der Platte, und erreicht hier, da:

$$\frac{\partial \varphi}{\partial r} = m(\mathrm{li}\, e^{-m(R-r)} - \mathrm{li}\, e^{-mr})$$

für $r = \frac{1}{2}R$ verschwindet, ihren Maximalwerth:

$$\varphi_{max} = 2\,(1 - e^{-\frac{1}{2}mR} - \tfrac{1}{2}mR\,\mathrm{li}\, e^{-\frac{1}{2}mR}),$$

welcher kleiner als 2 ist. Als Curve dargestellt, berührt sie die Ordinatenaxe und die im Abstand R mit ihr parallel gezogene Gerade, d. i. die Vorder- und die Rückseite der Platte, und hat an beiden Stellen den Werth:

$$\varphi(o) = \varphi(R) = 1 - e^{-mR} - mR\,\mathrm{li}\, e^{-mR}.$$

Setzen wir $R = \infty$, was geschehen kann, wenn bis zur Rückseite der Platte merkliches Licht nicht vordringt, so wird:

$$\varphi(r) = 2 - e^{-mr} - mr\,\mathrm{li}\, e^{-mr} = z.$$

Das folgende Täfelchen gewährt einen Ueberblick über den Gang der Werthe dieser Function.

Digitized by Google

e^{-mr}	z
1,0	1,00000
0,9	1,28710
0,8	1,45305
0,7	1,57854
0,6	1,67935
0,5	1,76247
0,4	1,83178
0,3	1,88952
0,2	1,93701
0,1	1,97458
0,01	1,99843
0	2,00000

Da in diesem Falle:

$$\frac{\partial \varphi}{\partial r} = -\,m\,li\,e^{-mr}$$

immer positiv ist, so erkennt man, dass die Curve, welche den Verlauf der Functionswerthe versinnlicht, sich von dem Punkte $z = 1$, wo sie die Ordinatenaxe berührt, mit immer langsamerer Steigung erhebt, indem sie der Geraden, welche in der Höhe 2 parallel zur Abscissenaxe läuft, asymptotisch zustrebt.

18. Als Ausdruck der Function $f'(r)$ ergibt sich nunmehr:

$$f'(r) = \frac{f_1(r)}{1 - \frac{l}{2m}\varphi(r)}$$

Dieselbe besitzt in der That im Allgemeinen die Eigenschaften, welche der echten Function $f(r)$ zukommen müssen. Da

$$\frac{l}{2m} = \frac{l}{2(k+l)}$$

stets $< \frac{1}{2}$, und demnach

Digitized by Google

$$\frac{1}{2m}\varphi(r)<1$$

ist, so ist $f'(r)$ stets positiv, endlich und $>f_1(r)$, und verschwindet für $r=\infty$; der Differentialquotient:

$$\frac{\partial f'}{\partial r}=\frac{\left(1-\frac{1}{2m}\varphi\right)\frac{\partial f_1}{\partial r}+\frac{1}{2m}f_1\frac{\partial\varphi}{\partial r}}{\left(1-\frac{1}{2m}\varphi\right)^2}$$

zeigt, dass die Curve, welche den Verlauf der Functionswerthe veranschaulicht, die Ordinatenaxe in der Höhe

$$\frac{f_1(o)}{1-\frac{1}{2m}\varphi(o)}$$

berührt, sich sodann zu einem Maximum erhebt, welches bei einem grösseren Werthe von mr eintritt als dasjenige der Function $f_1(r)$, um sich alsdann (falls $R=\infty$ gesetzt wird) asymptotisch gegen die Abscissenaxe herabzusenken.

Die aus den successiven indirecten Reflexionen entspringenden Lichtantheile werden, falls wir $f(r)$ durch $f'(r)$ ersetzen, durch folgende abnehmende geometrische Reihe dargestellt:

$$f'_1=f_1,\ f'_2=\frac{1}{2m}\varphi f_1,\ f'_3=\left(\frac{1}{2m}\varphi\right)^2 f_1,\ f'_4=\left(\frac{1}{2m}\varphi\right)^3 f_1,\ \cdots$$

Dem Beitrag der ersten indirecten Reflexion bleibt demnach, auch wenn wir $f'(r)$ statt $f(r)$ setzen, die volle Genauigkeit gewahrt.

19. Bezeichnen wir wie früher mit $F(r)$ die gesammte Leuchtkraft pro Volumeneinheit in der Tiefe r unter der Oberfläche, so sendet ein daselbst befindliches Volumenelement $d\omega dr$ unter dem (inneren) Emanationswinkel ε nach dem Element $d\omega$ der Oberfläche die Lichtmenge:

Digitized by Google

$$\frac{1}{4\pi} F(r)\, e^{-\frac{mr}{\cos\varepsilon}}\, d\omega\, dr\,.$$

Die gesammte aus der ganzen Tiefe der Platte, deren Dicke = R, nach dem Oberflächenelemente $d\omega$ unter diesem Winkel gelangende und durch dasselbe (wenn keine Reflexion nach innen stattfindet) ausgestrahlte Lichtmenge beträgt:

$$L = \frac{d\omega}{4\pi} \int_0^R F(r)\, e^{-\frac{mr}{\cos\varepsilon}}\, dr,$$

oder, da:

$$F(r) = l\left(a\, e^{-\frac{mr}{\cos i}} + f(r)\right)$$

ist:

$$L = \frac{d\omega}{4\pi}\, l \int_0^R \left(a e^{-\frac{mr}{\cos i}} + f(r)\right) e^{-\frac{mr}{\cos\varepsilon}}\, dr\,.$$

20. Setzt man an die Stelle der Function f(r) die Function f'(r), so hat man annähernd:

$$L = \frac{d\omega}{4\pi} l \left(a \int_0^R e^{-\frac{\cos i + \cos\varepsilon}{\cos i \cos\varepsilon} mr}\, dr + \int_0^R \frac{f_1(r)}{1 - \frac{1}{2m} q(r)} \cdot e^{-\frac{mr}{\cos\varepsilon}} dr \right).$$

Ist ϑ ein zwischen o und $\frac{1}{2}$ liegender Bruch, so kann man schreiben:

$$\int_0^R \frac{f_1(r)}{1 - \frac{1}{2m} q(r)}\, e^{-\frac{mr}{\cos\varepsilon}}\, dr = \frac{1}{1 - \frac{1}{2m} q(\vartheta R)} \int_0^R f_1(r)\, e^{-\frac{mr}{\cos\varepsilon}}\, dr\,.$$

Digitized by Google

Nun sind in dem Ausdruck:

$$L = \frac{d\omega}{4\pi} l \left(a \int_0^R e^{-\frac{\cos i + \cos\varepsilon}{\cos i \cos\varepsilon} mr} dr + \frac{1}{1 - \frac{1}{2m}\varphi(\vartheta R)} \int_0^R f_1(r)\, e^{-\frac{mr}{\cos\varepsilon}} dr \right)$$

beide Integrale leicht zu berechnen. Indem man bei Berechnung des zweiten von der Formel:

$$\int e^{-ax} li\, e^{-bx} dx = -\frac{1}{a} e^{-ax} li\, e^{-bx} + \frac{1}{a} li\, e^{-(a+b)x}$$

wiederholt Gebrauch macht, erhält man:

$$L = \frac{d\omega}{4\pi} a \frac{1}{2m} \frac{2\cos i \cos\varepsilon}{\cos i + \cos\varepsilon} \left(1 - e^{-\frac{\cos i + \cos\varepsilon}{\cos i \cos\varepsilon} mR}\right)$$

$$+ \frac{d\omega}{4\pi} a \cdot \frac{\left(\frac{1}{2m}\right)^2}{1 - \frac{1}{2m}\varphi(\vartheta R)} \cdot \frac{2\cos i \cos\varepsilon}{\cos i + \cos\varepsilon} \Bigg\{ (\cos i + \cos\varepsilon) \left(e^{-\frac{mR}{\cos i}} + e^{-\frac{mR}{\cos i}} \right) li\, e^{-mR} + e^{-\frac{\cos i + \cos\varepsilon}{\cos i \cos\varepsilon} mR} \Big[\cos i \left(\log \frac{1 - \cos i}{\cos i} - li\, e^{\frac{1-\cos i}{\cos i} mR} \right) + \cos\varepsilon \left(\log \frac{1 - \cos\varepsilon}{\cos\varepsilon} - li\, e^{\frac{1-\cos\varepsilon}{\cos\varepsilon} mR} \right) \Big]$$

$$+ \cos i \left(\log \frac{1 + \cos i}{\cos i} - li\, e^{-\frac{1+\cos i}{\cos i} mR} \right)$$

$$+ \cos\varepsilon \left(\log \frac{1 + \cos\varepsilon}{\cos\varepsilon} - li\, e^{-\frac{1+\cos\varepsilon}{\cos\varepsilon} mR} \right) \Bigg\}.$$

Digitized by Google

21. Unter den zugelassenen Voraussetzungen stellt dieser Ausdruck das Incidenz- und Emanationsgesetz für eine beliebig dicke Schicht eines durch diffuse Reflexion lichtstrahlenden Körpers dar.

Man sieht, dass der Ausdruck ungeändert bleibt, wenn Incidenz- und Emanationswinkel mit einander vertauscht werden.

Ist mR sehr klein, d. h. entweder die Summe aus Absorptions- und Diffusionsvermögen m, oder die Dicke R der Schicht sehr gering, so wird die ausgestrahlte Lichtmenge der Dicke der Schicht proportional, und unabhängig von Einfalls- und Ausstrahlungswinkel.

Wenn 1/2m so klein ist, dass im Nenner des zweiten Gliedes $\frac{1}{2m}\varphi(\vartheta R)$ gegen 1 vernachlässigt werden kann, so erscheint der Ausdruck von der unbekannten Grösse ϑ befreit, und reducirt sich auf sein erstes Glied, wenn auch die zweite Potenz von 1/2m ausser Acht gelassen werden darf. Es trifft dies zu, wenn k sehr gross gegen 1 ist, also bei nahezu schwarzen Körpern, oder bei farbigen Körpern für diejenigen Strahlen, welche sehr stark absorbirt werden.

22. Dringt bis zur Rückseite der Platte merkliches Licht nicht vor, d. h. kann e^{-mR} als verschwindend klein, oder, was dasselbe ist, mR als unendlich gross angesehen werden, so zieht sich der Ausdruck L auf den folgenden weit einfacheren zurück:

$$L = \frac{d\omega}{4\pi} a \frac{1}{2m} \cdot \frac{2\cos i \cos\varepsilon}{\cos i + \cos\varepsilon}\left(1 + \frac{\frac{1}{2m}}{1 - \frac{1}{2m}\varphi}\left[\cos i \log\frac{1+\cos i}{\cos i} + \cos\varepsilon \log\frac{1+\cos\varepsilon}{\cos\varepsilon}\right]\right),$$

wo φ eine noch zu bestimmende Constante bedeutet, deren Werth zwischen 1 und 2 liegt.

Digitized by Google

Diese Formel, welche ausser von i und ε nur noch von dem Verhältniss des Absorptions- zum Diffusionsvermögen abhängt, hätte nun für undurchsichtige diffus reflectirende Körper als neues Emanationsgesetz an die Stelle des bisher in der Photometrie angenommenen Lambert'schen Cosinusgesetzes zu treten. In ihr bedeuten i und ε den inneren Incidenz- und Emanationswinkel; findet beim Eintritt und Austritt keine Brechung statt, was z. B. der Fall ist, wenn der Zwischenraum der diffundirenden Theilchen mit Luft erfüllt ist, so sind diese Winkel innen und aussen die nämlichen.

Für senkrechte Incidenz ($i = o$) wird der obige Ausdruck:

$$L = a\frac{d\omega}{4\pi}\left[\frac{1}{2m}\cdot\frac{2\cos\varepsilon}{1+\cos\varepsilon}\right.$$
$$\left.+\frac{\left(\frac{1}{2m}\right)^2}{1-\frac{1}{2m}\varphi}\cdot\frac{2\cos\varepsilon}{1+\cos\varepsilon}\left(\log 2+\cos\varepsilon\log\frac{1+\cos\varepsilon}{\cos\varepsilon}\right)\right].$$

23. Die Lichtmenge M, welche bei senkrechter Incidenz von dem Oberflächenelement $d\omega$ nach allen Seiten hin ausstrahlt und von einer Halbkugel aufgefangen wird, die mit dem Radius 1 von $d\omega$ aus beschrieben ist, ergibt sich, wenn der vorstehende Ausdruck L mit $2\pi\sin\varepsilon\,d\varepsilon$ multiplicirt und nach ε von o bis $\frac{1}{2}\pi$ integrirt wird. Nun ist:

$$\int_0^{\frac{\pi}{2}}\frac{\cos\varepsilon}{1+\cos\varepsilon}\sin\varepsilon\,d\varepsilon = 1-\log 2,$$

ferner:

$$\int_0^{\frac{\pi}{2}}\frac{\cos^2\varepsilon}{1+\cos\varepsilon}\sin\varepsilon\log\frac{1+\cos\varepsilon}{\cos\varepsilon}\,d\varepsilon = \int_0^1\frac{x^2}{1+x}\log\frac{1+x}{x}\,dx$$
$$= \int_0^1\left(x-1+\frac{1}{1+x}\right)(\log(1+x) \quad \log x)\,dx$$

Digitized by Google

$$= \int_0^1 (x-1)(\log(1+x)-\log x)dx + \int_0^1 \frac{\log(1+x)}{1+x}dx - \int_0^1 \frac{\log x}{1+x}dx,$$

also endlich, da die beiden ersten Integrale leicht zu berechnen sind, und bekanntlich:

$$\int_0^1 \frac{\log x}{1+x}dx = -\frac{\pi^2}{12}$$

ist:

$$\int_0^{\frac{\pi}{2}} \frac{\cos^2\varepsilon}{1+\cos\varepsilon} \cdot \log\frac{1+\cos\varepsilon}{\cos\varepsilon} \cdot \sin\varepsilon\, d\varepsilon = \tfrac{1}{2} - 2\log 2 + \tfrac{1}{2}(\log 2)^2 + \frac{\pi^2}{12}.$$

Setzt man diese Werthe in das Integral:

$$M = 2\pi \int_0^{\frac{\pi}{2}} L \sin\varepsilon\, d\varepsilon$$

ein, so erhält man:

$$\frac{M}{a\,d\omega} = A_0 = \frac{l}{2m}(1-\log 2) + \frac{\left(\frac{l}{2m}\right)^2}{1-\frac{l}{2m}\varphi}\left[1 + \frac{\pi^2}{12} - \tfrac{1}{2}(1+\log 2)^2\right].$$

Dieser Ausdruck bedeutet die von der Einheit der Oberfläche eines undurchsichtigen Körpers, wenn sie von der Einheit der Lichtmenge beleuchtet wird, nach allen Seiten diffus zurückgestrahlte Lichtmenge; er entspricht also dem Lambert'schen Begriff „Albedo".

Die Albedo ist hienach, da φ eine absolute Constante bedeutet, nur von der Grösse $l/2m$, oder, da:

$$\frac{l}{2m} = \frac{l}{2(k+l)} = \tfrac{1}{2} \cdot \frac{1}{\frac{k}{l}+1}$$

Digitized by Google

ist, nur von dem Verhältniss k/l des Absorptions- zum Diffusionsvermögen abhängig, und erscheint bei farbigen Körpern vermöge der Grösse k als Function der Wellenlänge.

24. Der denkbar höchste Grad der „Weisse" würde einem Körper zukommen, der auf sichtbare Strahlen gar keine Absorption ausübt. Da in diesem Falle $k = o$ zu setzen wäre, so müsste für einen „absolut weissen" Körper

$$\frac{l}{2m} = \frac{1}{2}$$

sein. Ein solcher Körper aber gibt, wenn er undurchlässig ist, alles ihn treffende Licht zurück, oder seine Albedo ist der Einheit gleich. Setzen wir daher in der obigen Gleichung $l/2m = \frac{1}{2}$, so muss aus ihr die „absolute" Albedo $A_0 = 1$ hervorgehen. Durch diese Gleichung:

$$1 = \tfrac{1}{2}(1 - \log 2) + \frac{1}{4 - 2\varphi}\left[1 + \frac{\pi^2}{12} - \tfrac{1}{2}(1 + \log 2)^2\right]$$

wird die Constante φ bestimmt. Setzen wir der Kürze wegen:

$$1 - \log 2 = 0{,}30685 = p$$

und:

$$1 + \frac{\pi^2}{12} - \tfrac{1}{2}(1 + \log 2)^2 = 0{,}38909 = q\,,$$

so ergibt sich aus ihr:

$$\varphi = 2 - \frac{q}{2 - p}$$

oder:

$$\varphi = 1{,}77020\,.$$

Diese Zahl hat man sich von nun an in den Ausdrücken für L (22) und A_0 (23) an die Stelle von φ gesetzt zu denken.

25. Die Lichtmenge M, welche ein Oberflächenelement $d\omega$ einer beliebig dicken Platte bei beliebiger Incidenz nach allen Seiten hin ausstrahlt, kann übrigens auch ganz exact

Digitized by Google

ausgedrückt werden, freilich nur durch ein Integral, welches auf bekannte Functionen nicht zurückführbar ist. Man hat nämlich, von dem Ausdruck:

$$L = \frac{d\omega}{4\pi} l \int_0^R \left(a e^{-\frac{mr}{\cos i}} + f(r) \right) e^{-\frac{mr}{\cos \varepsilon}} dr$$

ausgehend, sofort:

$$M = d\omega \cdot \frac{1}{2} \int_0^R \int_0^{\frac{\pi}{2}} \left(a e^{-\frac{mr}{\cos i}} + f(r) \right) e^{-\frac{mr}{\cos \varepsilon}} \sin \varepsilon \, d\varepsilon \, dr .$$

Nun wird, wenn man

$$\frac{r}{\cos \varepsilon} = x \quad \text{und demnach} \quad \sin \varepsilon \, d\varepsilon = r \frac{dx}{x^2}$$

setzt:

$$\int e^{-\frac{mr}{\cos \varepsilon}} \sin \varepsilon \, d\varepsilon = r \int \frac{e^{-mx}}{x^2} dx = -r \frac{e^{-mx}}{x} - mr \int \frac{e^{-mx}}{x} dx$$

$$= -\frac{r}{x} e^{-mx} - mr \, li \, e^{-mx} = -\cos \varepsilon \, e^{-\frac{mr}{\cos \varepsilon}} - mr \, li \, e^{-\frac{mr}{\cos \varepsilon}},$$

folglich:

$$\int_0^{\frac{\pi}{2}} e^{-\frac{mr}{\cos \varepsilon}} \sin \varepsilon \, d\varepsilon = e^{-mr} + mr \, li \, e^{-mr} .$$

Man hat demnach für die gesammte allseitig ausgestrahlte Lichtmenge:

$$M = d\omega \, \frac{1}{2} \int_0^R \left(a e^{-\frac{mr}{\cos i}} + f(r) \right) \left(e^{-mr} + mr \, li \, e^{-mr} \right) dr .$$

Derselbe Ausdruck muss auch hervorgehen, wenn man die Lichtmenge berechnet, welche von sämmtlichen Schichten

Digitized by Google

ır Platte nach einem Elemente $d\omega$ der Oberfläche gesendet ird und durch dasselbe ausstrahlt, falls keine Reflexion ıch innen stattfindet. Denn ist $F(r)$ die Leuchtkraft der olumeneinheit in der Tiefe r unter der Oberfläche, so ist .e Lichtmenge, welche ein Elementarring (vergl. 6) der aselbst liegenden Schicht von der Dicke dr nach dem Oberächenelement $d\omega$ sendet, da dieses von den Strahlen unter em Einfallswinkel α getroffen wird:

$$d\omega \cdot \tfrac{1}{2} F(r)\, e^{-\frac{mr}{\cos\alpha}} \operatorname{tang}\alpha \cos\alpha\, d\alpha\, dr,$$

welcher Ausdruck, nach α von o bis $\frac{1}{2}\pi$, nach r von o bis R integrirt, da ja:

$$F(r) = l\left(ae^{-\frac{mr}{\cos i}} + f(r)\right)$$

ist, sofort den obigen Werth für M liefert.

26. Für eine Platte von solcher Dicke, dass sie kein Licht durchgehen lässt ($R = \infty$), haben wir, indem wir von dem bereits oben (17) eingeführten Functionszeichen φ Gebrauch machen:

$$e^{-mr} + mr\, li\, e^{-mr} = 2 - \varphi(r)$$

und demnach:

$$M = d\omega \frac{l}{2}\left(a\int_0^\infty e^{-\frac{mr}{\cos i}}(2-\varphi(r))\,dr + \int_0^\infty f(r)(2-\varphi(r))\,dr\right).$$

Setzen wir nun in dem zweiten Integral näherungsweise:

$$f'(r) = \frac{f_1(r)}{1 - \frac{l}{2m}\varphi(r)}$$

statt $f(r)$, so wird dasselbe:

$$\int_0^\infty f_1(r) \cdot \frac{2-\varphi(r)}{1-\frac{l}{2m}\varphi(r)} \cdot dr = \frac{2-\varphi}{1-\frac{l}{2m}\varphi}\int_0^\infty f_1(r)\cdot dr,$$

Digitized by Google

wenn wir unter φ eine zwischen 1 und 2 liegende Constante verstehen. Wir haben alsdann annähernd:

$$M = d\omega \frac{l}{2}\left(a\int_0^\infty e^{-\frac{mr}{\cos i}}(2 \quad \varphi(r))\,dr + \frac{2-\varphi}{1-\frac{1}{2m}\varphi}\int_0^\infty f_1(r)\,dr\right),$$

wo nun beide Integrale sich ohne Schwierigkeit berechnen lassen.

Man findet nämlich:

$$\tfrac{1}{2}al\int_0^\infty e^{-\frac{mr}{\cos i}}(2-\varphi(r))\,dr = \tfrac{1}{2}al\int_0^\infty e^{-\frac{mr}{\cos i}}\left(e^{-mr} + mr\,li\,e^{-mr}\right)dr$$

$$= \tfrac{1}{2}al\left(\int_0^\infty e^{-\frac{1+\cos i}{\cos i}mr}\,dr + \int_0^\infty e^{-\frac{mr}{\cos i}}mr\,li\,e^{-mr}\,dr\right)$$

$$= a\frac{l}{2m}\Big[-\frac{\cos i}{1+\cos i}e^{-\frac{1+\cos i}{\cos i}mr} - \frac{\cos^2 i}{1+\cos i}e^{-\frac{1+\cos i}{\cos i}mr}$$

$$- \cos i\,e^{-\frac{mr}{\cos i}}mr\,li\,e^{-mr} - \cos^2 i\,e^{-\frac{mr}{\cos i}}li\,e^{-mr}$$

$$+ \cos^2 i\,li\,e^{-\frac{1+\cos i}{\cos i}mr}\Big]_0^\infty$$

$$= a\frac{l}{2m}\Big[\frac{\cos i}{1+\cos i} + \frac{\cos^2 i}{1+\cos i} - \cos^2 i\log\frac{1+\cos i}{\cos i}\Big]$$

$$= a\frac{l}{2m}\cos i\left(1 - \cos i\log\frac{1+\cos i}{\cos i}\right).$$

Ferner ergibt sich:

$$\tfrac{1}{2}l\int_0^x f_1(r)\,dr = a\frac{l^2}{4m}\cos i\int_0^x\Big(e^{-\frac{mr}{\cos i}}\log\frac{1+\cos i}{1-\cos i}$$

$$+ e^{-\frac{mr}{\cos i}}li\,e^{\frac{1-\cos i}{\cos i}mr} - li\,e^{-mr}\Big)\,dr$$

Digitized by Google

$$= a\left(\frac{1}{2m}\right)^2 \cos i \Big[-\cos i\, e^{-\frac{mr}{\cos i}} \log \frac{1+\cos i}{1-\cos i}$$

$$- \cos i\, e^{-\frac{mr}{\cos i}} \operatorname{li} e^{\frac{1-\cos i}{\cos i} mr} + \cos i \operatorname{li} e^{-mr} - mr \operatorname{li} e^{-mr} - e^{-mr} \Big]_0^\infty$$

$$= a\left(\frac{1}{2m}\right)^2 \cos i \Big[\cos i \log \frac{1+\cos i}{1-\cos i} + 1$$

$$+ \cos i \left(e^{-\frac{mr}{\cos i}} \operatorname{li} e^{\frac{1-\cos i}{\cos i} mr} - \operatorname{li} e^{-mr} \right)_{r=0} \Big]$$

$$= a\left(\frac{1}{2m}\right)^2 \cos i \left(1 + \cos i \log \frac{1+\cos i}{1-\cos i} + \cos i \log \frac{1-\cos i}{\cos i} \right)$$

$$= a\left(\frac{1}{2m}\right)^2 \cos i \left(1 + \cos i \log \frac{1+\cos i}{\cos i} \right).$$

Wird demnach ein undurchsichtiger zerstreuender Körper durch parallele Strahlen unter dem Einfallswinkel i beleuchtet, so beträgt die gesammte Lichtmenge, welche ein Element $d\omega$ seiner Oberfläche nach allen Seiten hin ausstrahlt:

$$M = a\, d\omega \cdot \frac{1}{2m} \cos i \Big[1 - \cos i \log \frac{1+\cos i}{\cos i}$$

$$+ \frac{(2-\varphi)\frac{1}{2m}}{1-\frac{1}{2m}\varphi} \left(1 + \cos i \log \frac{1+\cos i}{\cos i} \right) \Big].$$

27. Der Quotient $M : a\, d\omega = A$, nämlich:

$$A = \frac{1}{2m} \cos i \left(1 - \cos i \log \frac{1+\cos i}{\cos i} \right)$$

$$+ \frac{(2-\varphi)\left(\frac{1}{2m}\right)^2}{1-\frac{1}{2m}\varphi} \cos i \left(1 + \cos i \log \frac{1+\cos i}{\cos i} \right)$$

Digitized by Google

stellt nun aber die Albedo in erweitertem Sinne, in ihrer Abhängigkeit von dem Einfallswinkel, dar.

Für senkrechte Incidenz (i = o) ergibt sich hieraus:

$$A_0 = \frac{1}{2m}(1 - \log 2) + \frac{\left(\frac{1}{2m}\right)^2}{1 - \frac{1}{2m}\varphi}(2-\varphi)(1+\log 2).$$

Dieser Ausdruck muss mit dem oben (23) bereits gefundenen identisch sein. Hiezu ist nothwendig, dass φ den oben (24) bereits bestimmten Werth:

$$\varphi = 1{,}77020$$

besitze, und dass ausserdem:

$$(2-\varphi)(1+\log 2) = 1 + \frac{\pi^2}{12} - \tfrac{1}{2}(1+\log 2)^2 = q$$

sei. Es ist aber in der That ganz genau:

$$(2-\varphi)(1+\log 2) = 0{,}2298 \cdot 1{,}69315 = 0{,}38909 = q.$$

28. Die Lichtmenge M′, welche ein Körper, dessen Oberfläche von allen Seiten her gleichmässig beleuchtet wird, nach irgend einer Richtung (ε) ausstrahlt, wird ausgedrückt durch das Integral:

$$M' = 2\pi \int_0^{\frac{\pi}{2}} L \sin i \, di .$$

Da L in ganz gleicher Weise von i wie von ε abhängt, so kann sich dieses Integral von dem vorigen:

$$M = 2\pi \int_0^{\frac{\pi}{2}} L \sin\varepsilon \, d\varepsilon$$

nur dadurch unterscheiden, dass i und ε mit einander vertauscht sind. Es ergibt sich daher:

Digitized by Google

$$M' = a\,d\omega \frac{l}{2m} \cos\varepsilon \left[1 - \cos\varepsilon \log \frac{1+\cos\varepsilon}{\cos\varepsilon} + \frac{(2-\varphi)\frac{l}{2m}}{1-\frac{l}{2m}\varphi} \left(1 + \cos\varepsilon \log \frac{1+\cos\varepsilon}{\cos\varepsilon} \right) \right],$$

wo die Constante φ denselben Werth hat wie vorher.

29. Für absolut weisse Körper ($l/2m = \frac{1}{2}$) ergibt sich aus den Formeln M (26) und M′ (28):

$$M = a\,d\omega \cos i\,, \qquad M' = a\,d\omega \cos\varepsilon\,.$$

Wir gelangen demnach zu folgenden Sätzen:

Wird ein absolut weisser Körper von parallelen Strahlen aus irgend einer Richtung beleuchtet, so ist die von seiner Oberfläche nach allen Richtungen ausgestrahlte Lichtmenge (die Leuchtkraft seiner Oberfläche) dem Cosinus des Einfallswinkels proportional.

Wird die Oberfläche eines absolut weissen Körpers von allen Seiten her gleichmässig beleuchtet, so ist die von ihr nach irgend einer Richtung ausgestrahlte Lichtmenge dem Cosinus des Emanationswinkels proportional.

Diese für absolut weisse Körper ausgesprochenen Sätze gelten übrigens auch bei farbigen Körpern für diejenigen Farben, deren Absorption als verschwindend gering angesehen werden darf.

Die beiden Sätze zeigen aber, in welchem Sinne und mit welcher Beschränkung das Cosinusgesetz für den Incidenzwinkel einerseits und den Emanationswinkel andrerseits, nach unserer Theorie, als giltig anzusehen ist.

30. Die Lichtmenge N, welche der Körper bei allseitiger (diffuser) Beleuchtung nach allen Seiten von sich strahlt, wird erhalten, wenn man M mit $2\pi \sin i\,di$ oder M′ mit $2\pi \sin\varepsilon\,d\varepsilon$ multiplicirt und sodann nach i resp. ε von 0 bis $\frac{1}{2}\pi$ integrirt. Es ergibt sich:

Digitized by Google

$$N = 2\pi a\, d\omega \frac{1}{2m}\left(\int_0^{\frac{\pi}{2}} \sin i \cos i\, di - \int_0^{\frac{\pi}{2}} \cos^2 i \sin i \log \frac{1+\cos i}{\cos i}\, di\right)$$

$$+ 2\pi a\, d\omega \frac{(2-\varphi)\left(\frac{1}{2m}\right)^2}{1-\frac{1}{2m}\varphi}\left(\int_0^{\frac{\pi}{2}} \sin i \cos i\, di\right.$$

$$\left. + \int_0^{\frac{\pi}{2}} \cos^2 i \sin i \log \frac{1+\cos i}{\cos i}\, di\right),$$

oder, da:

$$\int_0^{\frac{\pi}{2}} \sin i \cos i\, di = \tfrac{1}{2}$$

und:

$$\int_0^{\frac{\pi}{2}} \cos^2 i \sin i \log \frac{1+\cos i}{\cos i}\, di = \tfrac{2}{3}\log 2 - \tfrac{1}{6}$$

ist:

$$\frac{N}{\pi a\, d\omega} = A_1 = \frac{1}{2m}\left(\tfrac{4}{3} - \tfrac{4}{3}\log 2\right) + \frac{(2-\varphi)\left(\frac{1}{2m}\right)^2}{1-\frac{1}{2m}\varphi}\left(\tfrac{2}{3} + \tfrac{4}{3}\log 2\right).$$

Dieser Ausdruck, welcher das Verhältniss angibt der allseitig durch das Flächenelement ausstrahlenden Lichtmenge zu der von allen Seiten durch dasselbe eindringenden Lichtmenge $\pi a\, d\omega$, entspricht der von Seeliger[1]) gegebenen Definition der Albedo, wonach diese eine Zahl sein muss, die nur von der Beschaffenheit des zerstreuenden Körpers, dagegen nicht von dem Einfallswinkel abhängig sein darf.

1) Seeliger, Vierteljahrsschrift d. astron. Gesellsch 21. p. 223

Digitized by Google

Setzen wir der Kürze wegen:

$$A_1 = s\frac{l}{2m} + \frac{(2-\varphi)(2-s)}{1-\frac{l}{2m}\varphi}\left(\frac{l}{2m}\right)^2$$

s ist in dieser Formel:

$$s = 0{,}40914$$

während φ den oben bereits gefundenen Werth:

$$\varphi = 1{,}77020$$

vorstellt.

Für einen absolut weissen Körper $\left(\frac{l}{2m} = \frac{1}{2}\right)$ ergibt sich hieraus selbstverständlich $A_1 = 1$.

31. Ist die (Lambert'sche) Albedo A_0 eines Körpers bekannt, so kann aus der Gleichung (23, 27):

$$A_0 = p\frac{l}{2m} + q\cdot\frac{\left(\frac{l}{2m}\right)^2}{1-\frac{l}{2m}\varphi}$$

die Grösse l/2m und demnach auch das Verhältniss k/l des Absorptions- zum Diffusionsvermögen bestimmt werden. Man findet:

$$\frac{l}{2m} = \frac{A_0\varphi + p}{2(p\varphi - q)} - \sqrt{\frac{(A_0\varphi+p)^2}{4(p\varphi-q)^2} - \frac{A_0}{p\varphi-q}}\,.$$

Für Kremserweiss (cerussa albissima), das auf Königspapier (charta regia albissima) in solcher Dicke aufgetragen war, dass es vollkommen undurchsichtig erschien, fand Lambert[1]) als Mittel aus sieben Beobachtungen die Albedo $A_0 = 0{,}4230$, und für das dicke und fast ganz undurchsichtige Königspapier $A_0 = 0{,}4$. Hieraus berechnet sich für

$$\text{Kremserweiss: } \frac{l}{2m} = 0{,}42736\,,\ \frac{k}{l} = 0{,}16997$$

$$\text{Königspapier: } \frac{l}{2m} = 0{,}42103\,,\ \frac{k}{l} = 0{,}18756\,.$$

1) Lambert, Photometria, p. 341. 1760.

Digitized by Google

Mittels dieser Werthe berechnet sich die Albedo nach Seeliger's Definition für

Kremserweiss: $A_1 = 0{,}44907$,
Königspapier: $A_1 = 0{,}42670$.

32. Nachdem nun in der Formel (22):

$$L = a\frac{d\omega}{4\pi}\frac{1}{2m}\left(\frac{2\cos i\cos\varepsilon}{\cos i+\cos\varepsilon}\right.$$

$$\left.+\frac{\frac{1}{2m}}{1-\frac{1}{2m}\varphi}\frac{2\cos i\cos\varepsilon}{\cos i+\cos\varepsilon}\left(\cos i\log\frac{1+\cos i}{\cos i}+\cos\varepsilon\log\frac{1+\cos\varepsilon}{\cos\varepsilon}\right)\right),$$

welche das Incidenz- und Emanationsgesetz für undurchsichtige diffus reflectirende Körper darstellt, die Coefficienten numerisch gegeben sind, lässt sich aus ihr die Lichtmenge L für jeden Einfalls- und Ausstrahlungswinkel leicht berechnen.

Nehmen wir senkrechte Incidenz ($i = o$) an, so lautet die Formel:

$$\frac{4\pi}{a\,d\omega}L = \frac{1}{2m}\left(\frac{1+\cos\varepsilon}{2\cos\varepsilon}\right.$$

$$\left.+\frac{\frac{1}{2m}}{1-\frac{1}{2m}\varphi}\cdot\frac{2\cos\varepsilon}{1+\cos\varepsilon}\left(\log 2+\cos\varepsilon\log\frac{1+\cos\varepsilon}{\cos\varepsilon}\right)\right),$$

oder, wenn wir zur Abkürzung:

$$\frac{2\cos\varepsilon}{1+\cos\varepsilon} = \frac{\cos\varepsilon}{\cos^2\frac{1}{2}\varepsilon} = P,$$

$$P\left(\log 2+\cos\varepsilon\log\frac{1+\cos\varepsilon}{\cos\varepsilon}\right) = Q,$$

$$\frac{\frac{1}{2m}}{1-\frac{1}{2m}\varphi} = \mu$$

Digitized by Google

setzen:

$$\frac{4\pi}{a\,d\omega} L = \frac{1}{2m} (P + \mu Q).$$

In der folgenden Tabelle sind die Werthe von P und log brigg Q für die um je 10° steigenden Werthe des Emanationswinkels ε von $\varepsilon = 0$ bis $\varepsilon = 90°$ angegeben. In der nächstfolgenden Tabelle ist für Kremserweiss und Königspapier das Verhältniss L/L_0 (unter L_0 die senkrecht ausstrahlende Lichtmenge bei $\varepsilon = 0$ verstanden) berechnet; zur Vergleichung sind in der letzten Columne die Werthe von cosε hinzugefügt.

ε	P	log Q
0°	1,00000	0,14186
10	0,99235	0,13759
20	0,96891	0,12432
30	0,92820	0,10053
40	0,86753	0,06311
50	0,78256	0,00622
60	0,66667	9,91819—10
70	0,50971	9,77205—10
80	0,29591	9,48187—10
90	0,00000	— ∞

I. Kremserweiss: $\log \mu = 0{,}24433$.
II. Königspapier: $\log \mu = 0{,}21829$.

ε	I. $\frac{L}{L_0}$	II. $\frac{L}{L_0}$	cosε
0°	1,00000	1,00000	1,00000
10	0,99087	0,99087	0,98481
20	0,96293	0,96301	0,93969
30	0,91478	0,91499	0,86603
40	0,84391	0,84430	0,76604
50	0,74657	0,74719	0,64279
60	0,61766	0,61851	0,50000
70	0,45094	0,45197	0,34202
80	0,24126	0,24221	0,17365
90	0,00000	0,00000	0,00000

Digitized by Google

Da in dem Ausdruck L die Winkel i und ε mit einander vertauschbar sind, so gelten die nämlichen Zahlen auch für die verschiedenen Werthe des Incidenzwinkels, wenn der Emanationswinkel constant = o ist.

33. Vergleichen wir nun diese Zahlen mit den von Seeliger[1]) publicirten Beobachtungsresultaten. Dieselben sind in den folgenden beiden Tabellen enthalten.

I. Emanationswinkel ε constant.

i	Marmor	Papier	Carton	Porzellan
0°	1000	1000	1000	1000
10	963	990	981	982
20	920	980	960	942
30	853	970	940	890
40	765	942	917	830
50	655	870	850	730
60	513	712	670	615
70	340	500	380	472
80	165	250	185	253

II. Incidenzwinkel i constant[2]).

ε	Marmor	Papier	Carton	Porzellan
0°	sehr nahe dem Cosinus proportional	1000	1000	1000
10		1054	1044	1004
20		1099	1057	977
30		1148	1048	918
40		1180	1026	831
50		1131	919	720
60		1020	760	590

1) Seeliger, Vierteljahrsschr. der astron. Gesellsch. Bd. 20, p. 267, 1885.

2) In der Originaltabelle sind, um die Abweichungen von dem Cosinusgesetz besser hervortreten zu lassen, die Verhältnisse der ge-

Google

Von den beobachteten Substanzen entspricht nur der Marmor näherungsweise dem Cosinusgesetz; nach unserer Theorie würde dasselbe nur gelten bei allseitiger (diffuser) Beleuchtung für einen Körper, welcher der absoluten Weise nahekommt.

Die Zahlen für Papier und Carton stehen zwar denjenigen des neuen Gesetzes näher als denjenigen des Cosinusgesetzes; doch kann von einer auch nur annähernden Uebereinstimmung nicht die Rede sein. Da diese Materialien jedoch durchscheinend sind, so kann die für vollkommen undurchsichtige Platten abgeleitete Formel (22) auf sie überhaupt nicht angewendet werden, sondern es wäre die complicirtere Formel (20), welche für eine beliebige Dicke der Platte gilt, heranzuziehen. Diese aber würde für eine dünne Schicht die ausgestrahlte Lichtmenge unabhängig von Incidenz- und Emanationswinkel, also durchweg = 1000 ergeben. Ein Anwachsen dieser Lichtmenge mit zunehmendem Emanationswinkel bis zu einem Maximum, wie es aus den Beobachtungsreihen II hervortritt, kann durch das neue Emanationsgesetz ebensowenig wie durch das Cosinusgesetz dargestellt werden.

Auch mit der dem Lambert'schen sowie dem neuen Gesetz gemeinsamen Forderung, dass Einfalls- und Ausstrahlungswinkel mit einander vertauschbar sein müssen, stehen die Zahlen für Papier und Carton im Widerspruch, falls angenommen wird, dass der constante Emanationswinkel in I dem constanten Incidenzwinkel in II gleich gewählt worden ist.

Dagegen stimmen die für Porzellan gefundenen Werthe mit den aus dem neuen Emanationsgesetz berechneten ziemlich nahe überein, während sie von dem Cosinusgesetz be-

---

messenen Lichtmengen zu $\cos\varepsilon$ angegeben; hier sind der Gleichförmigkeit wegen durch Multiplication mit $\cos\varepsilon$ diese Lichtmengen selbst wieder hergestellt.

Digitized by Google

trächtlich abweichen. Der Rechnung wurde die Albedo 0,4 zu Grunde gelegt, welche Lambert als ungefähren Werth für weisse Körper überhaupt annimmt. Der constante Emanationswinkel bei I sowie der constante Incidenzwinkel bei II wurden beide = o angenommen. Da die beiden Beobachtungsreihen für Porzellan der Bedingung der Vertauschbarkeit von i und ε nicht unbedingt widersprechen, wurden aus ihnen noch die Mittelwerthe $\frac{1}{2}(I + II)$ gebildet, welche noch besser mit den aus der Theorie berechneten Werthen übereinstimmen. Neben jeder Beobachtungsreihe sind in der folgenden Tabelle in den Columnen a und b die Differenzen zwischen den beobachteten und berechneten Werthen für das neue Gesetz (a) und für das Cosinusgesetz (b) angegeben. Während die Abweichungen bei dem letzteren bis 31% des beobachteten Werthes ansteigen, erreichen sie bei dem ersteren nur 4%.

i oder ε	berechnet	Porzellan I	a	b	Porzellan II	a	b	Porzellan ½(I+II)	a	b
0°	1000	1000	0	0	1000	0	0	1000	0	0
10	991	982	− 9	− 3	1004	+13	+19	993	+ 2	+ 8
20	963	942	−21	+ 2	977	+14	+37	960	− 3	+ 20
30	915	890	−25	+ 24	918	+ 3	+52	904	−11	+ 38
40	844	830	−14	+ 64	831	−13	+65	831	−13	+ 65
50	747	730	−17	+ 87	720	−27	+77	725	− 22	+ 82
60	619	615	− 4	+115	590	−29	+90	603	−16	+103
70	452	472	+20	+130	—	—	—	—	—	—
80	242	253	+11	+ 79	—	—	—	—	—	—

Im Vorhergehenden ist zugleich der Weg vorgezeichnet für die theoretische Behandlung des durch einen durchscheinenden trüben Körper hindurchgegangenen diffusen Lichtes; ein näheres Eingehen auf diese Frage möge jedoch einer späteren Mittheilung vorbehalten bleiben.

Digitized by Google

Ueber die mikroskopischen Formen des Germaniumsulfürs und des Germaniumoxydes.

Von K. Haushofer.

(*Eingelaufen 7. Mai.*)

Die Seltenheit und die geringe Menge, in welcher das von Winkler in Freiberg im Argyrodit entdeckte neue Element Germanium[1]) sich findet, hat mich veranlasst, gelegentlich Versuche darüber anzustellen, ob nicht krystallisirte Verbindungen desselben dargestellt werden könnten, aus deren Beschaffenheit, selbst wenn sie nur in kleinen Quantitäten vorliegen, unter dem Mikroskop ein sicherer Anhaltspunkt für die Gegenwart dieses Elementes zu gewinnen wäre. Wesentlich erschwert wird die Aufgabe durch den Umstand, dass das Arsen und Antimon, dessen Verbindungen sich in Gesellschaft des Argyrodit finden, in ihrem chemischen Verhalten mit dem Germanium viel Aehnlichkeit besitzen und sich nur sehr schwierig von demselben trennen lassen.

Meine Untersuchungen beschränken sich vorläufig auf die mikroskopischen Formen des Germaniumsulfürs GeS und seines Oxydationsproductes. Wenn man den Argyrodit im Glaskölbchen, am besten in einer Atmosphäre von Wasserstoffgas oder Leuchtgas, erhitzt, bildet sich ein in seinem Ansehen dem sublimirten Schwefelantimon sehr ähnliches

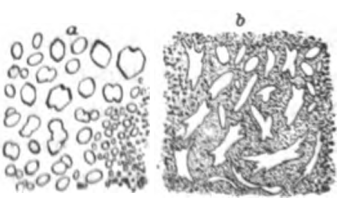
1) Ber. d. D. chem. Ges., 1886, 3. Hft. — Journ. f. prakt. Chem. 1886, XXXIV, 117.

Digitized by Google

Sublimat von Germaniumsulfid, welches indessen, wie schon Winkler angegeben hat, krystallinisch ist und namentlich dann, wenn seine Menge nicht gar zu gering ist, sehr charakteristische Formen — oft schon unter der Lupe — erkennen lässt. (Fig. 1.) Dickere Krystalle sind undurchsichtig, von metallähnlichem Glanze; in dünnen Schichten zeigt das Sublimat eine braunrothe bis granatrothe Farbe. Es bedarf einer viel stärkeren Erhitzung des Argyrodit, um das Schwefelgermanium abzuscheiden, als die Abscheidung des Schwefelantimons, z. B. aus Fahlerzen.

Bei der Behandlung dieses Sublimates von Germaniumsulfür mit concentrirter Schwefelsäure bis zum Rauchen derselben verwandelt es sich in eine weisse, nicht krystallinische Masse; in der Schwefelsäure löst sich kaum etwas auf; aus einem erkaltenden Tropfen der klaren Säure setzen sich auf dem Objectglase nur einige Stäubchen ab.

Von concentrirter Salpetersäure wird das Sublimat in der Wärme sehr langsam in ein weisses krystallinisches Pulver von Germaniumoxyd GeO_2 verwandelt, welches im Ueberschuss der Säure wenig, leichter in verdünnter Salpetersäure und in Wasser löslich ist. Lässt man die Auflösung langsam bis zur Trockniss (über Schwefelsäure) verdunsten, so bleibt ein Absatz von sehr kleinen dichtgedrängten Krystallkörnern, welche der Mehrzahl nach kugelig oder elliptisch gestaltet sind, aber einheitlich polarisiren; einzelne grössere zeigen anscheinend rhombische Formen mit symmetrisch orientirten Auslöschungsrichtungen (Figur 2 a b).



Digitized by Google

Zu demselben Körper gelangt man durch Behandlung des auf nassem Wege gewonnenen weissen Germaniumsulfides GeS_2 mit starker Salpetersäure.

Wenn man ein Körnchen Argyrodit in einem offenen Glasröhrchen in guter Hitze röstet, bildet sich ein weisses Sublimat, welches dem auf gleiche Weise aber viel leichter zu erhaltenden Antimonoxyd sehr ähnlich ist. Es unterscheidet sich indessen von letzterem dadurch, dass es sich in einem Tropfen Wasser klar auflöst. Diese Lösung hinterlässt beim Verdunsten auf einem Objectträger einen weissen Absatz, welcher unter dem Mikroskop keine einheitliche Beschaffenheit zeigt (Fig. 2 b). Der Hauptmasse nach besteht er aus einer dichtgedrängten Masse von feinen anisotropen Krystallkörnern, welche mit dem auf nassem Wege zu erhaltenden Germaniumoxyd übereinzustimmen scheinen. Dazwischen liegen in geringerer Menge grössere, sehr dünne Krystalllamellen von elliptischen Formen, mitunter an den Enden ausgegabelt oder zerfranst. Sie polarisiren nur schwach, zeigen aber gerade Auslöschung. Der ganze Absatz geht in der Regel an seinem äussersten Rande in eine glasige, amorphe Haut über, welche geneigt ist, rissig zu werden und sich vom Glase abzulösen.

In einem Tropfen der wässrigen Lösung des Sublimates lässt sich durch Zusatz von Bleinitrat oder Calciumchlorid die Gegenwart einer nicht unbeträchtlichen Menge von Schwefelsäure nachweisen. Es liegt nahe zu vermuthen, dass das Sublimat ein Gemenge von Germaniumoxyd und einem Sulfat dieses Elementes darstelle.

Die Versuche, durch irgendwelche Reagenzien in dieser Lösung charakteristische Krystallabsätze zu erzielen, haben mir bis jetzt kein befriedigendes Resultat ergeben. In einer Schwefelwasserstoffatmosphäre wird ein Tropfen der Lösung bald trüb und es scheidet sich ein schmutzig weisser flockiger Niederschlag von Germaniumsulfid ab. Bei Zusatz von Silber-

Digitized by Google

nitrat bildet sich ein flockiger gelblichgrauer Absatz, der in Ammoniak löslich ist, bei Verdunstung des Ammoniaks aber immer nur wieder in Flocken erscheint. Wenn das Sublimat geringe Mengen von Germaniumsulfid enthielt, entsteht zugleich ein geringer Niederschlag von braunem, flockigem Silbersulfid, welches in Ammoniak unlöslich ist.

Das weisse oxydirte Sublimationsproduct des Argyrodit kann, wie gesagt, dem Ansehen nach mit Antimonoxyd verwechselt werden. Es unterscheidet sich von demselben durch seine Wasserlöslichkeit, sowie dadurch, dass es, ähnlich wie das Tellurdioxyd, beim Erhitzen zu kleinen wasserhellen Kügelchen zusammenschmilzt. Das Verhalten des Argyrodit in heisser concentrirter Schwefelsäure lässt indessen leicht die Abwesenheit von Tellur erkennen.

Aber auch das Quecksilbersulfid — welches ja in sehr geringer Menge im Argyrodit nachgewiesen ist — gibt bei oxydirendem Erhitzen im Glasrohr neben schwarzem Quecksilbersulfid und neben metallischem Quecksilber einen weissen Beschlag von Mercurosulfat, welcher im Wasser langsam löslich ist. Aus dieser Lösung scheiden sich beim Verdunsten flache kleine Krystalle dieses Salzes ab, welche bei der Berührung mit Jodkaliumlösung sofort in schmutzig grünes Mercurojodür sich umsetzen, während das Germaniumoxyd von Jodkalium nicht verändert wird.

Digitized by Google

Allgemeine Uebersicht der Heilkunde der alten Inder.

Eine Studie von Dr. Franz Hessler.

(*Eingelaufen 7. Mai.*)

Immer wieder tritt uns die Frage nach dem Alter der indischen Heilkunde entgegen. Die richtige Beantwortung dieser Frage wird aber noch lange auf sich warten lassen müssen; es wird hier, wie es scheint, noch lange nicht tagen, weil die alten Inder keine historische Chronologie, sondern nur mythische und mystische Zeiteintheilungen aufgestellt haben. Ihre Zeitepochen sind aber so fabelhafter Natur, dass sie keine Anhaltspunkte für die Zeit des Entstehens ihrer Heilkunde gewähren. Wir können daher nur spärliche Nachrichten der Griechen zu Hilfe nehmen, und unter diesen nur die verzeichneten Thatsachen, dass im Lager Alexander des Grossen in Indien die indischen Aerzte den Vorzug vor den griechischen behaupteten. —

Ueberhaupt geht aber die Ausübung des Heilverfahrens der Wissenschaft selbst voraus, und mussten demnach Jahrhunderte vorüberziehen, bis man hier, wie überall, bei einer wissenschaftlichen Aufzeichnung anlangte.

Ursprünglich war, wie bei allen übrigen Kulturvölkern, die Heilkunde der Inder in den Händen der Priester; diese betrieben zugleich auch mystische Heilungen als Religionssache, was in vielen Stellen, besonders des Susrutas, ersichtlich ist, was dessen hohes Alter zu beurkunden vermag.

Digitized by Google

Die Streitfrage, ob die Ausübung der inneren Heilkunde oder der Chirurgie die ältere sei, ist eine unfruchtbare, da in ihren ersten Anfängen sicherlich beide von gleichem Alter sind.

So ist es ein heute noch nicht zum Austrage gekommener Streit unter den Philologen und Historikern, ob die griechische oder die Sanskrit-Sprache und Literatur die ältere sei, und dieser Streit war früher so entbrannt, dass er der Sprachwissenschaft mehr geschadet, als genützt hat. Es mögen zwar überall auf gleiche Weise rohe Anfänge der Medizin in den Urzeiten begonnen haben, aber der Fortgang zu höherer Ausbildung derselben kann bei einem Kulturvolke rascher gewesen sein, als bei einem anderen; dies zu beurtheilen ist aber eine Aufgabe der höheren Sprachenvergleichung.

Wenden wir uns nunmehr zu dem Inhalte der indischen Heilkunde, wie solche in der Sanskritliteratur vorliegt. Die Masse von Sanskritwerken über Medicin ist eine überaus grosse; die weitaus grösste ist aber noch nicht im Drucke herausgegeben, sondern liegt nur in London in Manuscripten vor. So zum Beispiel finden wir 59 Codices über Medicin von Friedrich Reinhold Dietz verzeichnet. Schriftsteller, die sich mit Sanskrit überhaupt befassen, sind zwar sehr häufig, die sich aber auf Sanskritmedicin verlegen, sind rari nantes in gurgite vasto. Zu diesen werden besonders Vullers und Dietz zählen. Es haben zwar einige andere Schriftsteller versucht, über altindische Medicin zu schreiben, die aber keine Sanskritkenntnisse verrathen, daher sie hier ausser Acht gelassen werden mussten.

Benfey bezeichnet den Ayurveda des Susruta als das Hauptwerk der Sanskritmedicin, gibt demnach diesem den Vorzug vor der Samhita des Tscharaka. Ich werde mich hier vorzugsweise auf diese beiden Schriftwerke stützen, nicht nur, weil sie die weitaus ältesten, sondern weil sie

Digitized by Google

auch die vollständigsten sind. Von Tscharaka's Samhita steht mir indessen nur ein Theil des Sutrasthana zu Gebote.

Alle übrigen medicinischen Sanskritwerke schliessen sich, wie an religiöse Heiligthümer an jene beiden an.

Dietz hat freilich nur Verzeichnisse der Namen der in den vielen Sanskrit-Codices enthaltenen Krankheiten geliefert, aber von keiner die Behandlung uns mitgetheilt. Da aber in diesen Codices immer nur Krankheiten abgehandelt werden, die in dem Ayurveda des Susruta und in der Samhita des Tscharaka vorkommen, so scheint der Abgang der übrigen Schriftstücke für unseren Zweck nicht schwer vermisst zu werden.

Setzen wir hier ein Beispiel: Codex XLVIII Yogatarangini dvitiyajilda, volumen secundum: Febris, diarrhoea, dysenteria, dyspepsia, vermes, icterus, bilis flava, phthisis pulmonalis, singultus, inappetentia, vomitus, sitis, lypothymia, mania, epilepsia, rheumatismus, arthritis, paralisis etc. werden bis zu 62 Krankheiten codificirt, aber von keiner führt Dietz die Behandlung derselben uns vor. Alle diese Krankheiten werden ja auch im Ayurveda gefunden.

Beginnen wir mit dem Ayurveda des Susruta. Dieser besteht aus 6 Theilen: 1 Sutrasthana, 2 Nidanasthana, 3 Sarirasthana, 4 Tschikitsitasthana, 5 Kalpasthana und 6 Uttaratantra. Der erste Theil enthält die Einleitung und Grundprincipien für das ganze Werk; er beginnt mit der Offenbarung der Heilkunde durch göttliche Wesen. Brahma selbst theilt den Ayurveda den beiden Götterärzten, den Asvinen, mit; diese dann dem Indra; dieser dem Dhanvantari; dieser dem Susruta und den übrigen Schülern. Dies wäre also der mythologische Ursprung der altindischen Medicin. — Hierauf folgt die Einweihung des medicinischen Schülers und dessen physischen und psychischen Anlagen und Anforderungen an denselben.

Digitized by Google

Im weiteren Verfolge wird eine Eintheilung der Jahreszeiten, deren Witterungsverhältnisse und Einflüsse auf die Sanität besprochen. —

Vom siebenten Kapitel bis fast zum Ende des Sutrasthana wird vorzugsweise die Chirurgie behandelt; weil denn diese im ganzen Ayurveda am glänzendsten hervortritt; im Gegensatze zu der Samhita des Tscharaka, wo die innere Heilkunde vorherrschend ist.

Zuerst werden im Ayurveda die chirurgischen Instrumente und ihr Gebrauch bei den chirurgischen Operationen sehr anschaulich beschrieben; ihre Zahl ist 101. Sie werden nach ihrer Gestalt in 6 Klassen eingetheilt: instrumenta uncinata, forcipes, tubulata, palmiformia, hamata et secundaria. Sie werden gebraucht zum Schneiden, Ausfüllen, Verbinden, Sondiren, Wenden, Durchbohren, Ausrotten, Reinigen, Ausziehen, Einspritzen, Aufheben, Umbeugen, Lockermachen, Aussaugen, Exploriren, Zerstückeln, Geraderichten, Auswaschen, Einblasen, Abwischen. Die menschliche Hand und die Skalpelle sind hier die Hauptinstrumente. Die Nebeninstrumente sind: Stricke, Seile, Haarlocken, Riemen, Binden, Schlingpflanzen, Pferdedecken, causticum, cauterium, sichere Gehilfen. Nach der Beschreibung der Instrumente musste die Chirurgie im Ayurveda schon grosse Fortschritte gemacht haben.

Merkwürdig ist die angegebene Bereitungsart des lixivium causticum und dessen Anwendung bei äusseren und inneren Krankheiten. Hier wird behauptet, dass in allen Krankheiten es zu den wirksamsten Heilmitteln gehöre; wo Medicamente nicht helfen, greife man zu den Aetzmitteln; nützen diese nicht, versuche man mit dem Messer zu operiren, bis man endlich genöthigt wird, zum Feuer (moxa) seine Zuflucht zu nehmen. Ein gradweises Verfahren, wie bei Hippocrates und Celsus.

Digitized by Google

Im 13. Kapitel des Sutrasthana werden verschiedene ungiftige und giftige Blutegel, und die Anwendung der ersteren bei Königen, Reichen, Schwächlingen, Furchtsamen, Kindern, Greisen, Weibern, anstatt der Aderlässe, empfohlen. Schröpfköpfe verschiedener Art wurden auch häufig benützt und werden hier alle Indicationen hiefür aufgestellt.

Die Phlebotomie wird sehr umständlich besprochen nach ihren Indicationen und technischen Ausführungen, und dabei die Beschaffenheit des Blutes erwogen. Weit verbreitet sich der Ayurveda über die drei organischen Flüssigkeiten Luft, Galle und Schleim, die in dem ganzen Werke hindurch eine grosse Rolle spielen; er geht dann zu den körperlichen Grundbestandtheilen, als Zellgewebe, Muskelsubstanz, Mark, Knochen, männlichem Samen, Menstrualblut, bis zum Embryo über; dessen Anfang und allmählige Ausbildung stufenweise durchgehend, schliesst er mit der Geburt; was alles durch eine unsichtbare Lebenskraft bewirkt werden soll. — Hier muss nebenbei bemerkt werden, dass Gangadhara, der Scholiast des Tscharaka, die Annahme einer selbständigen Lebenskraft gänzlich verwirft, und das Leben in dem beständigen Stoffwechsel bestehen lässt, durch welchen alle Naturwesen ihre chemischen (guna), physikalischen (karma) und morphologischen (rupa) Erscheinungen zu Stande bringen. Das Aufhören des Stoffwechsels ist nach Gangadhara der Tod.

Nachdem über die Sekretionen, als Urin, Speichel, Schweiss etc. flüchtig hinweggeschritten ist, wird im weiteren Verlaufe bis zu Abschnitt XXVIII von den Wunden, Geschwülsten und Geschwüren, deren Wesen und Behandlung, gesprochen unter specieller Berücksichtigung der Verderbnisse der Sekretionen und Grundbestandtheile des Organismus. Nach Einschiebung ungünstiger mystischer und magischer Erscheinungen wird (cap. XXXV) zur Behandlung innerer Krankheiten geschritten, wobei Rücksicht zu nehmen

Digitized by Google

ist auf das Wesen der Krankheit selbst, auf die Jahreszeit, auf die organische Wärme, auf das Alter und Geschlecht, auf die Leibesbeschaffenheit, auf die Körperkräfte und den psychischen Zustand, auf das Heilmittel und die geographische Lage.

Ueber die 37 Klassen der Arzneimittel ist in einem früheren Vortrage schon gesprochen worden.

Nachdem über Brech- und Abführmittel noch spezielle Vorschriften ertheilt worden, werden bis Ende des Sutrasthana über die Lebensmittel, Speisen und Getränke sehr weitläufige Regeln aufgestellt.

Der zweite Haupttheil der Medicin, Nidanasthana, behandelt nur die Pathologie.

Hier werden die Windsucht, Hämorrhoiden, Steinbildungen, Mastdarmfisteln, Lepra, Urinalaffectionen, Unterleibsgeschwülste, Störungen des Embryo, Phlegmone, Abscesse, Krankheiten der weiblichen Brüste, Arthritiden, Hodengeschwülste, Syphilis, Elephantiasis, Variolen, Phimosis, Mastdarmvorfall, Beinbrüche, Mundkrankheiten, und die Ursachen ihrer Entstehung aus den Verderbnissen der drei Grundsäfte — organische Luft, Galle und Schleim — und der Grundstoffe — Blut, Zellgewebe, Muskel- und Marksubstanz, männlicher Samen etc. — sehr ausführlich besprochen.

Die dritte Abtheilung des Ayurveda, Sarirasthana, die Somatologie oder Anatomie ist von seltsamer Beschaffenheit. Sie beginnt mit der Grundursache aller Wesen aus der Emanation des Urwesens (Pradhana), der Grundlage aller Herausbildungen des Idealen und Realen, und schreitet auf diesem Wege bis zur Geburt des Embryo fort. Bei der Bildung des Menschen anlangend, werden der männliche Same, das weibliche Menstrualblut und ihr wechselseitiger Einfluss bei der Zeugung und Bestimmung der Geschlechter besprochen, ihre Fehler hiebei nachgewiesen und das Verhältniss von Leib und Seele auseinandergesetzt. Es

Digitized by Google

wird also hier noch ein Dualismus angenommen, welchen der spätere Gangadhara verwirft, und alles Geistige aus dem Körperlichen entstehen lässt, und so den Monismus für das ganze Universum aufstellt.

Die Bestandtheile des Körpers werden unter beständiger Angabe ihrer Zahlen, nach Lage und Segmenten erörtert, wobei selten an die Wirklichkeit angestreift wird. Dies ist freilich sehr begreiflich, da die alten Inder, theils aus Scheu vor todten Körpern, theils aus religiösen Verboten, keine menschlichen Leichenzergliederungen vornahmen. Sie werden wohl das wenige Richtige der Anatomie aus Thiersectionen entnommen haben. Der Körper hat nach dem Ayurveda 5 Theile, nämlich 4 Extremitäten, den mittleren Leib und den Kopf. Die einzelnen Theile sind: Häute, Segmente, Elemente, Sekretionsorgane, Säfte, Leber, Milz, Lungen, Nieren, Gedärme, Zwerchfell, Sinneswerkzeuge, Arterien, Netz, Bänder, Nähte, Knochen, Kapselmembranen, Gelenke, Sehnen, Muskeln, Venen, Nerven, Vereinigung bewirkende Organe (Kapselmembranen). Von diesen Körpertheilen werden ihre Zahlen angegeben, die sehr fabelhaft klingen, weshalb auf ein weiteres Eingehen hier Umgang genommen werden soll. —

Die vierte Abtheilung des Ayurveda behandelt die Therapie, Tschikitsitasthana.

Weitaus den grössten Theil dieses Werkes macht die Therapie aus. Wunden und Geschwüre, Beinbrüche, organische Luftkrankheiten, Rheumarthritis, durch Gallen-, Luft- und Schleimüberfluss entstandene Krankheiten, Ohrenkrankheiten, Hämorrhoidaltuberculose, Steinkrankheiten, deren Operation, Lepra, Urinalaffectionen, Diabetes, Unterleibsgeschwülste, widernatürliche Geburten, Frauenbrustkrankheiten u. s. w. kommen hier zur Behandlung.

Die fünfte Abtheilung dieses Werkes betrifft die Toxicologie, Kalpasthana.

Digitized by Google

Den Anfang macht diese Abtheilung mit dem Schutze eines Königs vor Vergiftung, der doch wegen des Wankelmuthes der Volksmenge (mobilium turba quiritium) erhalten werden muss. Sowohl hereinbrechende Feinde, als ruchlose Weiber suchen denselben zu vergiften. Da muss vor Allem die Küche strenge beaufsichtigt werden. Man verliere einen der Giftmischerei verdächtigen Menschen nie aus den Augen; man kann einen solchen schon aus seinem verdächtigen Betragen vermuthen. — Die giftigen Stoffe kommen zumeist aus dem Pflanzen- und Thierreiche, können in jeder beliebigen Form und in verschiedenen Applicationsstellen einverleibt werden. Die Gegengifte werden aufgezählt; nur Schade, dass sowohl die Gifte, als auch ihre Gegengifte uns noch nicht aufgeklärt sind, weshalb die Sanskritnamen derselben in meiner lateinischen Uebersetzung eingesetzt werden mussten. Dies gilt besonders von den Giften und Gegengiften aus dem Thierreiche, von den Schlangen, Würmern und Insekten. Am weitläufigsten führt uns Susruta die giftigen Schlangen vor, die er in kamm-, kreis- und linienförmige eintheilt, und nach deren Biss sechs Vergiftungssymptome aufzählt. Und wirklich wurden auch im Lager Alexanders des Grossen gerade die indischen Aerzte in der Heilung der giftigen Schlangenbisse vorzugsweise gerühmt.

Die sechste und letzte Abtheilung des Ayurveda, der Uttaratantra behandelt die verschiedenartigen Krankheiten, die in den vorausgehenden Sectionen nicht zum Vortrage kamen.

Susruta beginnt hier mit dem Inhaltsverzeichnisse dieser Abtheilung und verspricht gründliche Beschreibung und Behandlung der Augenleiden, der Kinderkrankheiten, der dämonischen Besessenheiten; er will die 63 Combinationen der Stoffe nach ihrem Geschmacke und die Diätetik besprechen. — Die Augenkrankheiten mit ihrer Behandlung werden in 19 Kapiteln durchgeführt, wobei chirurgische

Digitized by Google

Operationen nicht ausgeschlossen sind. Hierauf geht er zu den Ohren- und Nasenleiden über. Nachdem die Katarrhe und Kopfschmerzen kurz berührt sind, ist desto umständlicher von den dämonischen Besessenheiten und ihrer Behandlungsweise die Rede. Die Ruhr, Abzehrung, Herzkrankheiten, Gelbsucht, Athmungsbeschwerden, Ileus, Urinbeschwerden, Epilepsie, Delirium beschliessen diese ganze Abtheilung.

Was nun das zweitwichtige Werk über altindische Medicin, den Tscharaka betrifft, so ist, insoweit er mir bekannt, der Inhalt desselben dem des Susruta sehr ähnlich, mit dem Unterschiede jedoch, dass bei Ersterem die innere Medicin, bei Letzterem die Chirurgie vorherrscht. Vergleicht man nun den Inhalt des Susruta und Tscharaka mit den LIX Handschriften, die Dietz in London in der Sammlung des Colebrooke angetroffen und verzeichnet hat, so wird man auf den ersten Anblick ersehen, dass alle späteren medicinischen Sanskrit-Schriftsteller dieselben Krankheiten bruchstückweise beschrieben und sich genau an beide angelehnt haben. Dies ist am augenscheinlichsten aus dem Codex XLVIII zu ersehen, wo die 62 Krankheiten wie aus dem Ayurveda copirt erscheinen. Und so verhält es sich mit allen späteren altindischen medicinischen Schriftstellern. Diese zwei genannten Hauptwerke stehen wie göttliche Offenbarung da, über die hinaus bei den alten Indern die Medicin weder einer weiteren Ausbildung fähig, noch auch bedürftig zu sein schien. Eine grosse Anzahl von altindischen Schriftstellern, unter diesen Amarasinha mit seinem Amarakoscha, traten später auf. Die von diesem beschriebenen Krankheiten sind meistens Bruchstücke aus den zwei genannten Hauptwerken entlehnt, und nur mit einigen neueren Namen belegt, die deutlich einen späteren Ursprung bekunden. Ueberdies theilt er auch die Pflanzen in Medicinalgewächse und Küchenkräuter ein und fügt noch einige

Digitized by Google

Theile des menschlichen Körpers und seiner Krankheite hinzu. —

Es wäre sehr wünschenswerth, dass mehrere sanskrit kundige Aerzte sich herbeiliessen, die besonders in Londo vorliegenden vielen medicinischen Sanskrithandschriften zur Drucke zu befördern und mit möglichster historischer Krit zu bearbeiten.

Das wäre also der Inhalt der altindischen Medicin nac Sanskritquellen. Weil aber die Materialien derselben nich systematisch geordnet, sondern wie zusammengewürfelt u erscheinen, so will ich versuchen, in Kürze nach unsere Medicinaldoktrinen das Ganze zusammenzustellen.

A. Aetiologie.

Die entfernten Krankheitsursachen sind den altindischen Aerzten die fünf Naturelemente, Aether, Luf Feuer, Wasser und Erde. In und durch diese operirt Brahm (Pradhana), erschafft und erhält durch diese alle Wese Ueber diese hinaus gibt es, nach Dhanvantari, kein weitere medicinische Forschung. Wenn diese Naturelemen ungleichmässig oder verkehrt auf den menschlichen Organismus einwirken, tritt Krankheit oder der Tod ein. Jede Element macht aber seinen Einfluss auf Gesundheit un Krankheit geltend durch die Jahreszeiten, Alimente, Stan des Himmels und der Erdgegenden.

Die nächsten Krankheitsursachen sind: die Verderbnisse der drei Grundsäfte, nämlich der organischen Luft, de Galle und des Schleimes; dann die Verschlechterung de körperlichen Grundstoffe, nämlich des Chylus, Blutes, Zellgewebes, Fleisches, Knochen, Markes und des männliche Samens, wodurch die Se- und Exkretionen in einen krankhaften Zustand gerathen, begleitet mit erethischem, synochalem oder torpidem Fieber.

Digitized by Google

B. Therapie.

a) Chirurgie. Diese ist vorzugsweise von Susruta behandelt; alle späteren Schriftsteller nahmen hierin denselben zum Muster. Bei sehr mangelhafter Anatomie finden wir bei ihm die kühnsten chirurgischen Operationen, die Rhinoplastik, die Herniotomie und Lithotomie meisterhaft ausgeführt; ein Gleiches gilt von der Geburtshilfe, die ihm als ein Theil der Chirurgie gilt.

b) Innere Medicin. Sie nimmt den grösseren Raum des Ayurveda ein, beiläufig 62 Krankheiten.

„Es gibt keine Krankheit eines Organes ohne Fieber, und kein Fieber ohne solche Krankheit." Diese Ansicht läuft wie ein rother Faden durch alle medicinische Schriften der alten Inder hindurch; ihnen ist das Fieber keine selbstständige Krankheit, sondern nur der Reflex einer organischen Krankheit. Schon das Wort dschvara bedeutet eigentlich nicht Fieber allein, sondern Krankheit überhaupt, weil der beständige Beherrscher aller Krankheiten das Fieber ist. (Uttaratantra cap. XXXIX.) Sie theilen weiter die Krankheiten ein in natürliche, dämonische und durch Götter verhängte. —

Es kommt ausser der Berücksichtigung des Krankheitscharakters, des Alters und Geschlechtes, der Jahreszeiten und der Himmelsgegenden alles bei der Behandlung einer Krankheit darauf an, dass das Heilmittel seine richtige Anwendung finde; denn das schärfste Gift kann nach dem Ausspruche des Tscharaka bei richtiger Anwendung ein Heilmittel und das beste Heilmittel bei verkehrtem Gebrauche ein Gift werden.

Es ist nach Tscharaka vom Arzte dahin zu wirken, dass die Grundflüssigkeiten und die anderen Grundstoffe in dem entsprechenden Ebenmasse erhalten werden; darin be-

Digitized by Google

steht die Aufgabe der Hygiene und der Therapie. Alle Heilanzeigen sind allopathisch, d. h. alle Krankheiten werden durch Stoffe von entgegengesetzten Eigenschaften geheilt, so Verkältung durch Erwärmung u. s. w.

Als die allen Heilanzeigen genügenden Mittel werden von Tscharaka vorzugsweise die Früchte- und Wurzelstoffe, die Rinden, Fette und Salze, die Urine verschiedener Thiere, die Milche u. s. w. angegeben.

Dem bewährten Arzte räumt Tscharaka den ersten Rang unter den Sterblichen ein.

C. Hülfswissenschaften.

a) Arzneimittellehre. Die meisten Arzneimittel sind aus dem Pflanzenreiche entnommen; die wenigsten, aber wirksamsten aus dem Mineralreiche; aus dem Thierreiche vorzugsweise die Fette und Urine.

b) Naturphilosophie. Von dem neutralen Brahma (Pradhana) entwickelt sich alle ideale und reale Wesenheit. Aus ihm tritt zuerst das noch unsichtbare Urelement in fünf Abstufungen hervor (Tanmatrani); aus diesen dann erst die fünf Naturelemente Aether, Luft, Feuer, Wasser, Erde. Die reale Welt ist nur eine unbewusste Einheit; es gibt keinen Dualismus; die Natur wirkt mechanisch dynamisch durch diese fünf Elemente; so Gangadhara.

D. Physiologie.

Der männliche Same und das weibliche Menstrualblut haben bei der Zeugung gleichen Antheil und beide verhalten sich activ, und keines passiv. Mit welchem Körpertheile der Embryo seine Ausbildung beginnt, darüber herrscht ein grosser Streit zwischen den grössten Auctoritäten Saunaka, Kritavirya, Parasarya, Markandeya, Subhuti, Gautama und

Digitized by Google

Dhanvantari. — Der Embryo ist anfangs nur eine rohe, unorganisirte Masse, in welcher sich alsbald ein Blutpunkt entwickelt, welcher sich zu blutführenden Gefässen ausdehnt, welche dann aufwärts, abwärts und seitwärts verlaufen, so den ganzen Körper erhalten und den einzelnen Organen ihre eigenthümlichen Stoffe zuführen. —

Schliesslich will ich noch constatiren, dass ich in dieser vorwürfigen Studie mich rein objektiv gehalten und mir nicht die geringste subjective Beimischung erlaubt habe.

Digitized by Google

Digitized by Google

Ueber Belonostomus, Aspidorhynchus und ihre Beziehungen zum lebenden Lepidosteus.

Von Otto Reis.

(Mit 2 Tafeln.)

(Eingelaufen 7. Mai.)

Seit Agassiz und J. Müller die Ordnung der Ganoiden begründet und befestigt hatten, galt der lebende Lepidosteus als der verallgemeinerte Typus und Vertreter einer gewissen Unterordnung derselben, die man auch nach ihm Lepidosteiden genannt hat. Indessen war es noch nicht gelungen, ihm auch eine Stelle in der Stammesgeschichte anzuweisen, vielleicht gerade desshalb, weil er die verschiedenen Eigentümlichkeiten dieser Unterordnung in einer etwas allgemeinen Vereinigung zeigt. Einige herrlich erhaltene, aus dem lithographischen Schiefer Bayerns stammende Vertreter der fossilen Gattungen: Belonostomus und Aspidorhynchus, die mir Herr Prof. v. Zittel mit seiner in weitesten Kreisen bekannten Liberalität aus der Münchener Staatssammlung zum Zwecke nachfolgender Publikation zur Verfügung stellte — ermöglichen nun eine auffallende Verbindung der fossilen Lepidosteiden mit ihrem lebenden Stammtypus.

Die Untersuchungen von Agassiz sind auch für Belonostomus und Aspidorhynchus grundlegend. Spätere Gelehrte wie Wagner, Winkler, Pictet, Quenstedt, Günther, und Vetter haben mehr oder weniger umfangreiche Ergänzungen zu seinen Angaben geliefert. Besonders hat Professor

Digitized by Google

Vetter (Mittheilungen aus dem kgl. min.-geolog. und prähistorischen Museum in Dresden IV. Hett 18) die beiden Gattungen in vorzüglicher Weise und ausführlich, sowohl ihre systematische Gliederung als auch osteologische Details derselben behandelt. Jedoch war sein Material weder so ausgedehnt, wie das der Münchener Staatssammlung, noch konnte er über so hervorragende Zufälligkeiten der Erhaltung verfügen, die mich befähigen, einige Versehen zu verbessern, einige offengelassene Punkte auszufüllen und noch neue osteologische Merkwürdigkeiten hinzuzufügen. Ich werde indes auch Gelegenheit haben auf die grossen Vorzüge der mir vorangegangenen Bearbeitung einzugehen.

Schädelbasis und Gaumen.

Die grosse Anzahl der in der Münchener Sammlung vertretenen unscheinbaren, aber für die Osteologie so wichtigen Platten mit zerstreuten Skelettheilen machen es möglich, die Beschreibung mit einem Knochen zu beginnen, den man bei fossilen Fischen am wenigsten zu Gesicht zu bekommen vermuthen kann — dem Parasphenoid. Ich habe dasselbe auch mit dem Parasphenoid von Lepidotus, Makrosemius, Pholidophorus, Caturus und Leptolepis vergleichen können und es stellte sich heraus, dass dasselbe bei allen Lepidosteiden und Amiaden mit dem der Teleostier im Grossen und Ganzen übereinstimmt.

Während das Parasphenoid bei den Crossopterygiern (von Coelacanthus und Polypterus bekannt) allgemein eine selbständige vordere Endigung zu haben scheint und von dem paarigen Vomer vollständig getrennt ist, gehen beide bei den Lepidosteiden, Amiaden und Teleostiern eine enge Verwachsung ein; der Vomer zeigt in einer paarig angeordneten Bezahnung seine Entstehung aus einem früher paarigen Gebilde; seine Knochenbasis ist aber nun unpaar, nach hinten

Digitized by Google

verlängert und verwächst mit dem unpaaren Parasphenoid ganz so eng, wie bei den Teleostiern.

Die bei der Crossopterygiern über die ganze Fläche ausgebreitete Bezahnung ist bei den Lepidosteiden und Amiaden auf den Uebergang des Parasphenoids in die Basis cranii beschränkt und dort in einem Häufchen unregelmässiger Zähne ausgebildet.

Ein nur der Form nach von diesem gewöhnlichen Typus abweichendes Parasphenoid zeigen Belonostomus und Aspidorhynchus. Es ist in Taf. I Fig. I rechts von der Seite, links von unten dargestellt. Beim Buchstaben A ist der Uebergang in die Basis cranii, man bemerkt hier die Bezahnung des Parasphenoids in unscheinbaren Körnelzähnchen ausgebildet; sie reicht etwas weiter nach vorne als ich es bei den übrigen Lepidosteiden fand; beim Buchstaben B fügt sich der erste Wirbelkörper oder das Basioccipitale an. (Taf. I Fig. VI.)

Das vordere Parasphenoid ist schlank und zart, es biegt sich in der Interorbitalregion von beiden Seiten ein, wird nach vorne etwas breiter und endigt, ganz dünn geworden. Es hat im ganzen Verlauf einen umgestürzt T-förmigen Querschnitt, worin es, wie in den anderen angeführten Merkmalen vor allen andern mir bekannten Gattungen mit Lepidosteus in der That ganz auffallend übereinstimmt. Bei Lepidosteus findet sich aber als ein nicht schwerwiegender Unterschied keine Spur von Zähnchen an der Stelle wo Belonostomus und Aspidorhynchus reichlich entwickelte Zahntuberkeln zeigen.

In Fig. IV ist das Parasphenoid (Psph) in situ zu sehen, es reicht bis zum Beginn der grossen Zähne des Schnabels. An seinem vorderen Theile liegen längs seiner beiden Seiten zwei längliche Knöchelchen, die ihrer Oberfläche nach zarte Zähnchen getragen haben müssen. Sie könnten nach Agassiz den (bei Lepidosteus) paarigen Vomer darstellen, es ist mir aber kein Fall bekannt wo das Parasphenoid in solcher

Digitized by Google

Weise die Vomeralgebilde bis vornehin überdeckte. Lepi-
steus hat aber ausser dem paarigen Vomer noch einen pa-
rigen Zahnbelag auf den Parasphenoid selbst, den ich
diesen beiden Plättchen vergleichen möchte. Agassiz g
in seiner vorzüglich dargestellten Anatomie des Lepidoste-
Kopfes eine deutliche Ansicht dieser Gebilde, wenn sie a
nicht beschrieben und bezeichnet sind. An einem Lepi-
steuskopfe, der mir zur Vergleichung diente, sehe ich
hintere Endigung dieses Parasphenoidbelags, eng mit de
selben verwachsen, so weit nach hinten reichen, als d
Palatinum lang ist; die vordere Endigung ist bei Aga
in der von C. Vogt gezeichneten Abbildung durch den B
ginn des Vomer und das Aufhören des Palatinums bestimm
Letztere Kennzeichen gelten auch für die in Rede stehend
Gebilde bei Belonostomus, wie ich nun bei der Besprechun
des Palatinbogens zeigen werde.

Derselbe ist der auffälligste Theil des Gebisses und i
der Beschreibung nach zu gehen, von Professor Vetter a
Maxilla gedeutet worden; durch die Ungunst des Materia
musste er die gekörnelte Innenseite für die skulpturirt
Aussenseite halten; Versehen, wie sie den aufmerksamste
Forscher fossiler Fische auch bei grosser Vorsicht nur zu
leicht necken können.

Der grösstentheils stabförmige Gaumenbogen besteht au
zwei Theilen: Tafel I (Fig. II ud) einem hintern EPt mit
einer scheinbar senkrechten Verbreiterung; dieses EPt trägt
von vorn bis hinten auf der Unterkante dichtgedrängte,
unten gleichartige Zähnchen, die auf der Innenseite (Fig. II
in ein breites Feld dichtstehender Körnelzähnchen über-
gehen. Der vordere Theil Tafel I (Fig. II a und b) Pl legt
sich von unten aussen an den hinteren EPt heran und reicht
von der Stelle x bis an die Spitze des Gaumenbogens; er
ist aber erst von da an bezahnt, wo Ept vorne aufhört,
welche Bezahnung mit drei gewaltigen Zähnen hinten beginnt

Digitized by Google

und vorne mit kleineren Zähnchen endet. Das hintere Glied des Gaumenbogens ist das Ektopterygoid, das vordere das Palatinum. Sie sind bei Lepidosteus in gleicher Weise verbunden und ihre Richtung wird nach vorne durch den Vomer fortgesetzt. Es scheint hiermit klargestellt, dass wir den Vomer bei Belonostomus und Aspidorhynchus nicht in jenen beiden Plättchen zwischen dem Palatinum und Parasphenoid sehen können, derselbe muss vor dem Palatinum in dem vorderen Theil des Schnabels liegen; wir müssten ihn Tafel I (Fig. IV) zwischen den beiden grossen Zahnreihen desselben suchen. Es ist hier leider die Gesteinsmasse so fest, dass durch Präparation nichts zu erreichen war. Bedenken wir noch, dass bei Lepidosteus der Vomer einen geringen Besatz hinfälliger Bürstenzähnchen trägt, so können wir bei einer gleichen Bezahnung bei dem Aspidorhynchus keinen so deutlich ausgesprochenen Vomer erwarten, besonders wenn die Erhaltungsbedingungen keine günstigen waren.

Kehren wir zu einer genaueren Betrachtung der einzelnen Bogenglieder zurück, so scheinen hier doch ziemlich starke Differenzen zwischen den Aspidorhynchen und Lepidosteus zu bestehen. Indes müssen wir dieselben als Folgen der Zusammendrückung ansehen, wie sich aus dem Folgenden leicht ergibt.

Die hintere Verbreiterung des Ektopterygoids zeigt unten eine Verdickung, die dem Unterrand entspricht und eine Fortsetzung des stabförmigen, vorderen Theils zu sein scheint; sie hebt sich nur auf der Aussenfläche Tafel I (Fig. II oben) von der Verbreiterung selbst ab, die Innenfläche Tafel I (Fig. II unten) desselben ist indes glatt und die Verdickung scheint nur durch. Auf die Aussenfläche legt sich das Quadratum in seiner für die Fische charakteristischen dreieckigen Gestalt auf und steckt nun oft zwischen der in Rede stehenden Verbreiterung und ihrer äusseren Verdickung

Digitized by Google

eingeklemmt fest. Dies ist ein Zeichen, dass beide
durch Druck aufeinandergepresst sind und wir es hier
mit einem äusseren und inneren Flügel einer einzigen
gebogenen Lamelle zu thun haben. Der innere Flügel
ausgebreiteter und dünner; auf ihn legt sich das Quadrat
Der äussere Flügel ist schmäler und massiver und legt
um den Vorderand desselben. Vergleicht man nun die
bildung bei Agassiz (l. c. Taf. B* Fig. 2) die den Pte
goidbogen nach abgelöstem Maxillare zeigt, so sieht
bei Lepidosteus fast genau dasselbe Bild der Anordn
und Form der Theile, wie bei den Aspidorhynchen.

Eine Vergleichung der beiden Fig. II a und b, erg
auch, dass wie bei Lepidosteus der scheinbar stabförmi
vordere Theil des Ektopterygoids in ähnlicher Weise dopp
flügelig ausgebildet war; wie wäre es sonst möglich, d
die beiden Stücke, die einem Exemplare angehören, v
aussen und innen gesehen so verschiedene Randcontour
zeigten, wenn nicht durch den Druck hier eine Verschiebu
eingetreten wäre was nur bei einer Bildung möglich i
wie sie das Ektopterygoid von Lepidosteus zeigt; es se
sich also auch bei den Aspidorhynchen die hinten erkann
flügelartige Bildung des Pterygoids ebenfalls in den vorder
scheinbar stabförmigen Theil fort.

Lepidosteus gibt uns so eine lebendige Anschauung d
Lagerungsverhältnisse der bis jetzt angeführten Knochen
theile von Belonostomus und Aspidorhynchus. Wir müsse
hier wie dort einen schmalen fast nur von den Unterkante
des Parasphenoids, Ektopterygoids und Palatinums gebildete
Gaumen annehmen, in dem sogar Einzelheiten wie der Quer
schnitt des Paraphenoids gleich sind. Zu den behandelte
Gebilden treten noch wie bei den meisten Fischen in di
Reihe der Gaumenbogenglieder das Endo(-Meso)pterygoid
und Metapterygoid. Beide sind wie bei allen Lepidosteiden
auch bei den Aspidorhynchen zu bemerken; es trägt hier

Digitized by Google

das Endopterygoid ein Feld dichtgedrängter Körnelzähnchen, während es bei Lepidosteus gänzlich zahnlos ist. Das zahnlose Metapterygoid ist auch bei den Aspidorhynchen etwas nach hinten gestreckt und stimmt mit dem engen gestreckten Gaumen.

Wir haben hiemit auch einen der Punkte berührt, der die Gruppe der Lepidosteiden scheidet und den Lepidosteus sammt den Aspidorhynchen in eine etwas gesonderte Stellung zu den übrigen Lepidosteiden stellt, was allerdings keine grosse, für das System gültige Scheidung bedeutet. Es ist dies derselbe Unterschied, der sich in den beiden lebenden Vertretern der mesozoischen Ganoiden ausdrückt, in Amia und Lepidosteus, der sich ebenso schon in den fossilen Lepidosteiden vorbereitet.

Bei Lepidosteus und den Aspidorhynchen ist der Gaumen, wie beschrieben, fast nur von den Unterrändern stabförmiger Knochen gebildet; bei Amia, Caturus, Megalurus, Pholidophorus, Makrosemius und Histionotus sind die an das Parasphenoid angrenzenden Stücke lamellös ausgebildet und die Unterränder mit ihrer Bezahnung weit von dem Parasphenoid entfernt; es ist ein breiter, hauptsächlich durch Knochenlamellen begrenzter Gaumen gebildet. Immer aber ist, was für die Ganoiden charakteristisch ist, der Gaumenbogen bis ans Parasphenoid geschlossen, befestigt sich an demselben und ist nicht wie bei den Teleostiern vorwiegend hyostyl.

Wie man aus Tafel I Fig. IV bei MPt sieht, ist die Anheftestelle des Metapterygoids dem Parasphenoid zugekehrt und wie bei Lepidosteus das Metapterygoid eigentlich das Gaumenbogensuspensorium (zum Unterschied von Mandibelsuspensorium) ist, so konnte ich dasselbe auch bei Makrosemius, Pholidophorus, Lepidotus, Ophiopsis, Gyrodus, Pycnodus in derselben Funktion beobachten. Ein zweiter Fortsatz des Metapterygoids der nach hinten gerichtet ist und bei Lepidosteus ganz gering ist, verbindet sich bei den Tele-

Digitized by Google

ostiern später mit der Hyomandibel und bildet den ausschliesslichen hinteren Anheftepunkt des Gaumenbogens; die Verbindung mit der Prootikalregion des Schädels ist vollständig verloren gegangen. Man bemerkt, dass bei einem Anschluss des Metapterygoids an das Parasphenoid ein viel engerer dorsaler Schluss des Gaumens möglich ist, als bei einem Anschluss derselben an die Hyomandibel, die ja den Gaumenbogen von der Schädelbasis entfernt hält. Bei den wenigen fundamentalen Unterschieden, die wir einerseits zwischen den Lepidosteiden, Amiaden und den Teleostiern andererseits haben, ist auf diesen Unterschied einigermassen Gewicht zu legen. Die Amiaden verhalten sich auch hierin wie ächte Ganoiden; es stösst das Metapterygoid an das Parasphenoid, wenn auch der Fortsatz nach der Hyomandibel bedeutender entwickelt ist und die enge Verbindung der beiden bei den Teleostiern vorbereitet.

Die Hyomandibel der Aspidorhynchen zeigt die allgemeine Form wie die mesozoischen Ganoiden und keine spezielle Annäherung an Lepidosteus; ebenso haben Prootikum und Opisthotikum nur ein allgemeines Interesse, sie sind stets getrennt gefunden und zeigen, dass der Schädel seitlich nicht geschlossen war; dies gilt aber jedenfalls für alle Lepidosteiden und Amiaden. Eine ähnliche Gleichheit hat die Verknöcherung der Occipitalregion der fossilen und lebenden Lepidosteiden und Amiaden. Wir haben hier kein Occipitale superius mit dem Fortsatz; den dorsalen Schluss des Ringes bilden die Occipitalia lateralia, darauf folgen nach hinten, noch auf seitlichen Erhebungen des Basioccipitale aufsitzend zwei Paar kleiner Knöchelchen, modificirte Neurapophysen, die sich ganz gleich den Occipitalia lateralia dorsal schliessen den Neuralcanal umfassend; zu einem unpaaren Gebilde, zu einem Dornfortsatz kommt es nirgends. Bei Schädeln, die von oben plattgedrückt sind, sieht man auch stets dasselbe Bild wie bei Lepidosteus, wenn man von oben auf die Schädelendigung

Digitized by Google

herabsieht. Die Dornfortsatzbildung der Teleostier ist bewirkt durch die tiefe Lage der Schädelknochen und den Ansatz von Muskeln, die den Muskeln an den Dornfortsätzen der Neurapophysen homodynam sind; hierdurch erhalten Schädel und Wirbelsäule eine gemeinsame Orientirung. Diese fehlt ganz bei den Lepidosteiden und Amiaden. Die Hautschädelknochen liegen sehr oberflächlich und es ist ein bedeutender verticaler Abfall zur Wirbelsäule als ein auffälliger Unterschied von den extremen Teleostiern zu betonen.

Maxillarglieder und Rostrum.

Bei den bisher beschriebenen Kopfskelettheilen bedurfte es keiner Unterscheidung zwischen Belonostomus und Aspidorhynchus. Dies gilt nun nicht mehr bei den in der Aufschrift angekündigten Elementen. Ich wähle zum Ausgangspunkt der Beschreibung der betreffenden Gebilde die Gattung Belonostomus.

Tafel I Fig. IV zeigt den wundervoll erhaltenen und günstig gelagerten Kopf von Belonostomus speciosus Wgr., an dem sich besonders die Unterseite des Gaumens vorzüglich präsentirt; man sieht das Parasphenoid und die beiden vorderen Belegknochen desselben, von wo an der Vomer und der massive Schnabel beginnt. Der letztere ist mit einer Reihe grosser innerer Zähne bewaffnet, die mehr an die Mittellinie gerückt sind und einer Reihe ungleich zahlreicherer Zähne, die dagegen auf dem äussersten Rand des zugleich auch die Oberfläche des Schnabels bildenden Knochenstückes stehen. Diese Bezahnung unterscheidet sich so sehr von der der übrigen fossilen Lepidosteiden und erinnert so besonders an die des Lepidosteus selbst, dass ich auch nach der für letzteren so charakteristischen Gliederung des Oberkiefers suchte. Ich fand sie denn auch mehr oder minder gut bei fast allen Exemplaren der Sammlung, besonders deutlich in

Digitized by Google

der abgebildeten Figur. Die Trennungslinien der Glieder entsprechen immer der Mitte zwischen 2 grossen Zähnen; merkwürdiger Weise fehlen an diesen Stellen auf der einen Seite die grossen Zähne, die an der andren wohl vorhanden sind; auch Lepidosteus zeigt an den Trennungslinien die grössten Zähne; dies ist wohl nur ein unwichtiger Zufall und wir können annehmen, dass sie durch die ungünstige Lage weggedrückt und bei einer früheren unverstandenen Präparation weggeschafft wurden; undeutliche Stummel der Zähne sind noch zu sehen.

Die Beobachtung der Gliedertrennungslinien ist nun schon bei Lepidosteus nicht sehr auffallend und die Schwierigkeit erhöht sich bei den fossilen lang- und dünnschnabligen Belonostomen nur noch mehr. Bei den ganz schmalschnabligen Arten ist die Höhe der Glieder sehr gering und ihre Verbindung auf eine <-förmige Sutur beschränkt; bei dem starkschnabeligen Belonostomus Münsteri Ag. und Bel. speciosus Wgr. Tafel I (Fig. IV) sind die Glieder hoch, die Verwachsungszacken kurz, aber deutlich; ich zähle 6 oder 7 Glieder. Nach vorne werden die Trennungslinien undeutlich, die Glieder verwachsen stark und wir müssen annehmen, die letzten seien zu einem längeren Endstück, dem Praemaxillare verwachsen. Ausser diesen Maxillargliedern ist hinter dem massiven Schnabel noch ein Zahnknochengebilde, das mehr dem gewöhnlichen Maxillare der fossilen Lepidosteiden und der Fische überhaupt entspricht (Fig. IV mit den Zähnen nach oben gedreht); es ist in Fig. III dargestellt, gehört zwar einem Aspidorhynchus an, ist aber bei Belonostomus ganz gleich gebildet. Es ist ein stabförmiger, mit nur einer Reihe gleichmässiger Zähnchen besetzter Knochen, hat vorne eine eigenthümliche Auszackung, in der Mitte eine Verbreiterung nach oben und liegt mit seinem hinteren nach abwärts gebogenen Ende der Mandibel auf. Es scheint so, als ob die Vereinigung dieses stabförmigen

Digitized by Google

Knochens und der den Schnabel bildenden Glieder, die ja in der Bezahnung einen ganz bedeutenden Unterschied zeigen, unter der gemeinsamen Bezeichnung „Maxilla" eine Vereinigung gänzlich verschiedener Elemente bedeute. Ein Blick in die Maxillarverhältnisse des Lepidosteus erleichtert auch hier das Verständniss.

Dort ist die Differenzirung in grosse innere Zähne und kleinere Randzähne nur da stark, wo die einzelnen Maxillarglieder sich eng an die von Parasphenoid, Vomer und Palatin gebildete feste Schnabelaxe anschliessen; weiter hinten rücken die grossen Zähne kleiner werdend näher an den Aussenrand und auf den hintersten Gliedern findet sich nur eine einzige Reihe kleiner Zähne, die sich sogar erhält, wo die letzten Glieder auf der Aussenfläche der Mandibel aufliegen. Hier ist es auch, wo das Pterygoid und Parasphenoid keine so geschlossene Axe mehr bilden, wie vorne im Schnabel. Diese letzten Glieder, deren ich bei Lepidosteus drei zähle, sind nicht mehr durch so starke Suturen in einandergefügt, sie sind beweglich und sind mit dem freien, nur eine Zahnreihe besitzenden Maxillare von Belonostomus und Aspidorhynchus zu identificiren; dies ist auch das gewöhnliche Maxillare aller Fische. Bei Belonostomus und Aspidorhynchus ist das frei herüberhängende Schlussglied im Verhältniss zu Lepidosteus viel kräftiger und der Uebergang zu den Gliedern, bei denen die Suturverwachsung vorherrscht, auffallend. Dies ist indes nur Folge der Fossilisation, da die Ligamentverbindung, die auch zwischen den letzten Gliedern bei Lepidosteus vorwiegend ist, gelöst ist und eine viel grössere Trennung vortäuscht, als sie wirklich vorhanden war. Indes ist weder bei Belonostomus noch Lepidosteus die Ligamentverbindung die einzige der letzten Glieder; Figur I zeigt am vorderen die Gabelung des Maxillare von Aspidorhynchus, welche ausser den eben behandelten Fällen bei keinem der fossilen Lepidosteiden, zu beobachten ist. Interes-

Digitized by Google

sant ist, dass sich auch bei Belonostomus die Trennung in äussere und innere Zähne am Praemaxillarglied erhält und wie bei Lepidosteus hier die Zähne nicht mehr so regelmässig stehen.

Was nun Aspidorhynchus betrifft, so ist die Schnabelbildung desselben faktisch, aber nicht wesentlich verschieden. Schon Professor Vetter hat, entgegen früheren Meinungen nachgewiesen, dass dieselbe dem Praemaxillare zuertheilt werden muss; er konnte aber nicht feststellen, wie weit dasselbe nach vorne reicht und hat daher die Betheiligung desselben etwas überschätzt.

Der allgemeine Erhaltungszustand des Rostrums zeigt, dass die vordere Spitze aus einer massiven Verwachsung der daran betheiligten Stücke entstanden ist; sie ist nie zerdrückt und eine eigentliche Höhle nicht zu bemerken. Dagegen ist das Rostrum weiter hinten stets zusammengedrückt, sei es seitlich, was das Natürlichere und Häufigere ist, sei es dorso-ventral — der seltenere Fall. Weiter hinten besteht also sicher eine grössere Höhlung, erfüllt von reichlich blutgefässführender Knorpelmasse, die das Wachsthum des Rostrums erhält. Dies ist auch der Abschnitt, an dem noch leidlich die Trennungslinien erkannt werden können; nach vorne werden auch die Skulpturen der betheiligten Hautknochen sehr stark und länglich, so dass die gleich laufenden Furchen und Trennungslinien schwer zu unterscheiden sind.

Tafel II Fig. I zeigt das Rostrum von oben und von unten, dorsoventral flachgedrückt, Tafel II Fig. III und IV seitlich zusammengepresst, von der Seite, von unten Fig. III; Fig. II gibt die rein dorsale Ansicht des hinteren Theiles. Bei der Vergleichung derselben ergibt sich, dass die Bezahnung des Rostrums unten nicht weiter reicht, als oben das unpaare Nasale, das in einer Spitze endigt. Da dieser zahntragende Theil keine Spur von jener Gliederung zeigt, wie wir sie bei Belonostomus beobachteten und an diesen

Digitized by Google

sich hinten direkt die in Figur dargestellte Maxilla anschliesst, so müssen wir denselben als Praemaxilla bezeichnen. Dieselbe (PMx) beginnt hinten ganz schmal, liegt bei Tafel II Fig. I oben deutlich auf einem dem oberen Rostrum angehörigen Knochen auf, schliesst sich aber nach vorne ganz eng an denselben an, dass eine Trennungslinie kaum mehr zu erkennen ist. Schon in $^1/_4$ des Verlaufes von hinten schliessen sich die inneren Ausbreitungen ihrer beiden Hälften in der Medianlinie, nach der auch die beiden Zahnlinien convergiren; sobald auch diese sich median treffen, hört die Bezahnung auf und es ist auch sonst ein deutlicher Abschluss des Praemaxillarknochens zu sehen. Bis an diese Stelle reicht auch die Spitze des Dentale im Unterkiefer. Wir können also den ganzen bei Belonostomus beobachteten Schnabel bei Aspidorhynchus nur bis hierher rechnen und müssen für die weitere Rostralbildung des letzteren noch ganz andere Knochenelemente in Anspruch nehmen, die jedenfalls auch bei Belonostomus in der Schnabelspitze vorhanden wären, aber kein eigentliches „Rostrum" bildeten. Die Kleinheit der Stücke bei Belonostomus hindert die Beobachtung; es wiegt dort die Praemaxilla vor, während dieselbe bei Aspidorhynchus zurücktritt.

Professor Vetter vermuthet, dass ausser der Praemaxilla noch das „Ethmoid oder das Parasphenoid oder alle drei zugleich" an der Rostralbildung betheiligt seien. Davon haben wir das Parasphenoid schon abgemacht, es hört vor der doppelreihigen Bezahnung, sicher vor der Praemaxilla schon auf, Taf. I Fig. IV; an Taf. II Fig. I (Aspidorhynchus) endigt zwischen den hinteren Theilen der Praemaxillen ein unpaares Knochenstück Vo, das jedenfalls kleine Bürstenzähnchen getragen hat: es ist der Vomer; also auch er betheiligt sich nicht an dem Rostrum selbst. Das Ethmoid reicht nun allerdings etwas weiter in das Rostrum hinein, als Vomer und Parasphenoid; sein Antheil am eigentlichen Rostrum ist

Digitized by Google

aber auch gering; es reicht nämlich seitlich innerlich nicht weiter als oben das unpaare Nasale reicht in Fig. I. Taf. II Fig. II unten ist letzteres von oben abgehoben, wodurch die seitlichen Ethmoidea sichtbar wurden; sie spitzen sich vorne zu und treffen sich median. Nasale, Ethmoidea und Praemaxillaria haben also dieselbe Configuration, reichen gleich weit nach vorne und endigen alle an der Stelle, wo sowohl unten der Unterkiefer endigt, als auch oben das von nun an unbezahnte, aber oben und unten mit Hautskulpturen versehene „eigentliche" Rostrum sich aufbiegt. Dieses sitzt auf den Ethmoidea auf, wie eine Lanzenspitze auf dem Schaft und ist eingekeilt in die unpaare Endigung des Nasale oben und die mediane Vereinigung des Praemaxillaria unten.

Zwei Bestandtheile des Rostrums fallen direkt ins Auge, sie sind getrennt durch eine Grenzlinie, die bei seitlicher Zusammendrückung Fig. IV horizontal in halber Höhe des Rostrums bis in die Spitze desselben verläuft; es ist so ein oberer Theil, Tafel II Fig. IV (I) zu bemerken, der hinten an die eine Seite des medianen Nasale stösst und ein unterer, Fig. IV (II) der hinten mit dem Praemaxillare verwächst. Von dem vorderen Ende der letzteren laufen nach vorne, die Medianlinie derselben fortsetzend ein drittes Paar ganz schmaler Rostralgebilde, die stets nur von unten zu sehen sind; sie sind noch etwas schmäler als die vorderen Endigungen der Praemaxillaria. (Taf. II Fig. I oben (III), Fig. II (III.) Es ist so stets das Rostrum sei es von oben, sei es von unten flachgedrückt, im Querschnitt durch das Vorherrschen übereinanderliegender paariger Theile durch eine senkrechte Medianebene halbirt, die eine horizontale stets etwas weniger deutliche Theilungsebene kreuzt, welche durch die beiderseitigen Grenzlinien von I und II gebildet ist; diese sind es auch, die eine Flachdrückung des Rostrums von oben ermöglichen und Tafel II bei Fig. I, II

Digitized by Google

als Randcontouren des dorsoventral gepressten Rostrums erscheinen.

Man kann wiederum diese ganze Bildung nur durch Herbeiziehen des Lepidosteus verstehen; denn auch dieser hat ausser dem langen zahntragenden Schnabel noch ein kleines, eigentliches Rostrum, dessen Bestandtheile drei Paar über einanderliegende Hautknöchelchen sind.

Tafel II Fig. V und VI zeigen das Rostrum des Lepidosteus zum Theil nach Agassiz' Darstellung (l. c. Vol. II Tafel B Fig. 2 und 3). Es sind, wie bemerkt, drei Paar Knochengebilde, das untere ventrale Paar III, das bei Aspidorhynchus ganz schmal ist, setzt, wie dort, die mediane Trefflinie der Praemaxillaria nach vorne und aussen fort und zwar ist auch von hier an das kleine, stumpfe Rostrum wie bei Aspidorhynchus aufgestülpt und von der Axenrichtung des Schnabels aufgebogen; das dorsale Paar I trifft sich ebenso median und hinten schiebt sich zwischen dasselbe die unpaare Spitze des Nasale ein; das seitliche Paar II, das auch bei Aspidorhynchus durch die vordere Annäherung des dorsalen und ventralen Paares nach hinten gedrängt ist, hat durch das anomale Eindringen der Nasenöffnung eine weitere Verlagerung nach hinten erfahren, auf welche Anomalie ich noch eingehe. Wir haben also zwischen dem Rostrum von Aspidorhynchus und dem von Lepidosteus nur den Unterschied, dass die Bestandtheile bei ersterem langgestreckt und gegen die Spitze zu eng verwachsen sind. Was nun Belonostomus betrifft, so sind diese Theile offenbar auch vorhanden, aber klein und noch geringer entwickelt als bei Lepidosteus; es gibt einige Arten die hierin vollkommene Uebergänge von Aspidorhynchus und Lepidosteus darstellen können. Ein Belonostomus tenuirostris Ag. zeigt ein eigentliches Rostrum von $1^1/_2$ cm bei einer Schnabellänge von 5 cm; Belonostomus speciosus Wgr. hat so gut wie kein eigentliches Rostrum,

Digitized by Google

bei nicht viel grösserer Länge des Oberkiefers und Zwischenkiefers zusammengenommen.

Wir kommen nun zur Betrachtung der Nasenöffnung. Bei Lepidosteus ist dieselbe in die Bestandtheile des Rostrums hereingeschoben; bei Aspidorhynchus liegt sie direkt vor dem Auge, normal wie bei allen Lepidosteiden; ebenso Belonostomus. Hier ist aber die Gliederung des Oberkiefers vor die Nasenöffnung gerückt. Beim ersten Betrachten der Sache scheint dieser Unterschied fundamental zu sein, beim näherem Eingehen weiss man indessen nicht, welches der Vorkommen als das normalere zu bezeichnen ist. Eine kurze Betrachtung der Entstehung des Oberkiefers und seines Verhältnisses zur Nasenöffnung wird uns hierüber Klarheit verschaffen.

Praemaxilla und Maxilla sind Knochen desselben Ursprungs und setzen sich unzweifelhaft grösstenteils aus äusseren Hautgebilden zusammen.

Das Wachsthum der Zähne bei Lepidosteus zeigt nun deutlich die Art, wie diese äusseren Hautknochen bezahnt werden. Die Ersatzzähne entstehen nämlich nicht neben sondern hinter den alten, d. h. in einer Linie, die dem Vomer und Palatin bedeutend näher liegt, als dem Aussenrand des Maxillare; hier sind sie noch mit der Maxilla unverwachsen und richten ihre Pulpalhöhle nach vorne und aussen; sie stehen noch nicht aufrecht, sie liegen unter der zahnbildenden Haut und ihre Spitzen liegen an der Grenze von Vomer oder Palatin mit den Maxillargliedern und haben auch dieselbe Richtung, wie die äussersten Vomerzähnchen. Da nun die Spitze das erste ist, was von den Zähnen gebildet wird, so müssen wir annehmen, dass die Zähne des Gaumenbogens und die der Maxillaria in einer Zone ohne Unterschied direkt neben einander entstehen, ohne dass voraus bestimmt ist, welche von denselben der Maxilla und welche dem Gaumenbogen angehören sollen. Die Maxillarzähne werden erst fest, sobald sie sich dem eigentlichen Rand der Maxilla

Digitized by Google

nähern, dessen lebhaftes Wachsthum nach aussen der Befestigung der Zähne gleichsam die Thüre öffnet; die kleinen Zähnchen erhalten auf dem Rande selbst ihren Platz, die grossen verwachsen nur seitlich mit demselben und stehen zum andern Theil in der Maxiallarrinne.

Wir haben also verschiedene Attraktionscentren für die frei in der Mundschleimhaut gebildeten Zähne; das eine ist der Gaumenbogen, dem die zahnbildende Zone am unmittelbarsten angehört, das andere sind die Maxillardeckknochen, die sich homolog den sich beliebig vervielfältigenden Wangenknochen verhalten. In diesem Sinne können wir auch nur die Polyarthrie des Maxillare auffassen und wir müssen die Zone der Vervielfältigung zwischen dem hintersten Maxillare (dem Maxillare der gewöhnlichen Form) und dem Praemaxillare festsetzen, weil beide bei Lepidosteus als die respectiven Anfangs- und Schlussglieder fungiren. Diese Zone ist die subnasale Trennungslinie von Maxillare und Praemaxillare, und es ist klar, dass es nur geringer Ursachen der Embryonalentwickelung bedarf, um diese Vervielfältigung vor die Nasenöffnung oder hinter dieselbe zu verschieben.

Professor Vetter hat nun bei einer feinen Vergleichung der Wachsthumsverhältnisse des Körpers zum Rostrum die schöne Beobachtung gemacht, dass das letztere bei Aspidorhynchus sehr rasch seine definitive Länge erreicht und gewissermassen als eine Jugendwaffe zu betrachten ist, deren Entwickelung plötzlich stehen bleibt, sobald das Gebiss in eine höhere Thätigkeit treten kann. Etwas Aehnliches wird für die Belonostomen mit kleinem spitzem Rostrum gelten und wenn man bedenkt, dass die stossende Thätigkeit eine möglichst weite Entfernung der feineren Sinne von der Spitze desselben erfordert, so versteht man die Gliederungseinschaltung vor der Nasenöffnung. Lepidosteus dagegen führt in seiner Jugend eine halb parasitische Lebensweise; das Rostrum zeigt eine Saugscheibe und es ist klar, dass die

Digitized by Google

Nase ein wichtiges Hilfsmittel dieser saugenden Thätigkeit und dies Anstoss genug ist, die Gliederung nach hinten zu verlegen.

Unsere Annahme der Einschaltung homologer Gebilde zwischen Praemaxillare und Maxillare wirft auch auf das eigenthümliche Wachsthum des Maxillare selbst das Licht des Verständnisses. Wenn die Einschaltung hier erfolgt, so ist auch sicher, dass das Wachsthum selbst jedes Gliedes für sich, also auch des eigentlichen Maxillare, wenn es (wie bei den meisten Fischen) allein vorhanden ist, vorn an der Spitze erfolgt; hierdurch wird dasselbe, das zuerst allein dem Oberkiefer angehört, nach hinten verschoben und rückt mit der hintern Endigung auf den Unterkiefer herüber; hierdurch erklärt es sich weiter, warum diese Endigung entweder nicht mit Zähnen besetzt sein oder auch solche tragen kann. Im ersten Falle sind sie ausgefallen und werden nicht mehr ersetzt, da die Maxilla ausser Communication mit der Gaumenhöhle gesetzt ist und die Zähne nicht auf die Aussenseite des Unterkiefers herunterrücken. Im andern Fall ist der Besatz von Zähnen ein Beweis, dass das hintere Ende einmal nicht auf der Mandibel aufgelegen habe, sondern mit dem Gaumen in so enger Verbindung war, wie das vordere Ende; wahrscheinlich sind die Zähne durch ein rasches Wachsthum des vorderen Endes der Maxilla schnell ausser Thätigkeit gesetzt worden, und es erhielten sich diese Zähne ohne Wechsel, da sie nicht mehr gebraucht wurden und das hintere Ende des Maxillare auf der Mandibel aussen auflag. Die gleiche Erscheinung wie sie so in der Entwickelung der Einzelwesen vorgeht, zeigt sich auch in der Entwickelung der Gesammtheit, indem das Maxillare der ältesten Lepidosteiden sich noch fast gar nicht über die Mandibel herüberlegt und eine hintere Verbreiterung hat, die mehr zur Wangenbedeckung gehört als zum Schluss des Mundwinkels.

Digitized by Google

Mandibel und ihre Gliederung.

Fast gleichzeitig haben Prof. Vetter (20. 7. 1880) und Prof. Günther (the study of fishes: 3. 9. 1880) auf eine eigenthümliche Gliederung des Unterkiefers von Aspidorhynchus aufmerksam gemacht.

Das Dentale des Unterkiefers Tafel I Fig. VII D ist in ein hinteres, höheres und mehr lamellöses Stück und in eine vordere, massivere Spitze gegliedert. Die Trennungslinie ist nach hinten concav und liegt gerade unterhalb der Stelle, wo das Praemaxillare (das in der Richtung des Parasphenoids liegt) aufhört und die unter einander gleichgerichteten Gaumenbogen und Maxillaria in einem stumpfen Winkel nach unten aussen diese Richtung kreuzen. Wie schon erwähnt liegt die Spitze des Unterkiefers (inclusive der abgegliederten Spitze — des Praedentale) direkt unter oder nur ein wenig hinter der Aufbiegung des eigentlichen Rostrums und es bildet die Bezahnung einen geschlossenen, oben und unten correspondirenden Mundsaum. Bei geschlossenen Kiefern passt das Dentale (das mit dem Praedentale durch Ligamente beweglich verbunden ist) genau in den nach unten offen ausgeknickten Unterrand des Oberkiefercomplexes.

Prof. Vetter spricht diese Bildung den Belonostomen ab; sie ist aber auch hier vorhanden, wenn auch nicht in ganz gleicher Form. Das Praedentale gliedert sich in einer unregelmässig <-förmigen nach hinten geöffneten Sutur ab (Fig. IV); Tafel I Fig. VII zeigt die Mandibel von Aspidorhynchus von der Innenseite. Wir bemerken hinten die normale Zusammensetzung derselben, das Articulare (Ar), Dentale (D), Spleniale (Spl), welch' letzteres nicht ganz nach vorne reicht. Der verdickte Oberrand des Dentale und der Unterrand seines lamellösen untern Theiles convergiren nach vorne und bilden, an der Abgliederungsstelle vereinigt, hier eine innere Grube; ein Zeichen, dass sich hier die Dentalia

Digitized by Google

beider Seiten eng aneinander legten und sich herüber und hinüber befestigten. Auch die Praedentalia zeigen dasselbe; sie sind aussen glatt, innen ausgehöhlt und so offenbar längs ihrer ganzen Innenfläche fest an einander befestigt gewesen, eine Weise, welche die vorderen Mandibelhälften des Lepidosteus auch zeigen. Dieselbe Verwachsung zeigen alle Belonostomusunterkiefer, die von unten zu sehen sind; man bemerkt zuerst die mediane Vereinigung, auf die sogleich die Abgliederung nach vorne erfolgt und die abgegliederten Praedentalia sind erst recht median vereinigt. Diese Vereinigung beweist auch das Verhalten des Spleniale, es ist in Fig. VII Spl. in Vereinigung mit dem Dentale zu sehen, in Fig. VI von der dem Meckel'schen Knorpel aufliegenden inneren Seite. Es zeigt sich hier ein sehr merkwürdiges Verhältniss, das für gewisse Bildungen bei den Crossopterygiern von grosser Wichtigkeit ist. Wie wir im Oberkiefer wahrscheinlich gemacht haben, dass die Zähne der Maxillaria von der dem Gaumenbogen angehörigen Zahnbildungszone stammen, so sieht man im Unterkiefer die Bezahnung des Spleniale in die des Dentale übergehen und das wie es scheint in viel engerem, auch äusserlichem Zusammenhang der beiden Gebilde; hinten wo das Dentale aufhört, bezahnt zu sein, legt sich das Spleniale sogar mit einer Verdickung auf den Oberrand des Dentale (Tafel I Fig. VI Spl.) herauf und setzt die Zahnreihe des Dentale in gerader Linie nach hinten fort, erscheint also auf der Aussenseite der Mandibel; kurz vor der Abgliederungsstelle nach vorne endet es ganz dünn geworden und wir müssen annehmen, dass es sich blos als zahnbildende Zone nach vorne fortgesetzt hat.

Die grosse, äussere Aehnlichkeit der Gliederung des Belonostomus- und Lepidosteus-Maxillare mit der Gliederung des Dentale bei Belonostomus wird nun noch erhöht durch das Vorkommen besonders grosser Zähne an den Trennungslinien der Maxillarglieder bei beiden und eine geradezu

Digitized by Google

haufenweise Zahnwucherung an der Dentalgliederung bei Belonostomus; es wachsen die Zähne in den nach unten offnen Oberkieferwinkel empor. Hiedurch ist die Homologie der oberen und unteren Gliederung ausser Zweifel gestellt. Das Fehlen der Unterkiefergliederung bei Lepidosteus, der Oberkiefergliederung bei den übrigen Lepidosteiden überhaupt beweist, wie mir scheint, die Richtigkeit der von Prof. Vetter aufgestellten Hypothese der pathologischen Entstehung dieser Abgliederung.

Lepidosteus zeigt auch noch andere Bildungen, die zuerst als pathologische auftreten mussten und den langsamen Uebergang zu fixen Eigenschaften durchgemacht haben: die Durchbohrung des Ober- und Unterkiefers durch die grossen Zähne der beiden. Besonders zeigt das Oberkiefer hinter der Nasenöffnung zwei oder mehr Löcher auf der Stirnfläche, wodurch die Unterkieferzähne auf die Dorsalseite durchbrechen.

Von anderen zum Unterkiefer gehörigen Theilen möchte ich noch den Hyoidbogen von Belonost. spec. Wgr. erwähnen Taf. I (Fig. IV. Kh.); er liegt verkehrt, mit dem Epihyoid Eh. nach vorne gerichtet; er zeigt nichts besonderes, ausser einer langen bezahnten spitz zulaufenden Copula (Co), welche man in dieser Form auch bei Lepidosteus kennt.

Ein nicht unbedeutendes Interesse beansprucht das Vorkommen einer medianen Jugularplatte bei den meisten Lepidosteiden. Es ist wahrscheinlich, dass das Vorkommen der zahlreichen Jugularplatten bei den Crossopterygiern allgemein an das Auftreten eines mit der Verknöcherung des Meckel'schen Knorpels in engem Zusammenhang stehenden, unter dem Dentale befindlichen „Infradentale" geknüpft ist. Ein so verknöchertes Stück des Meckel'schen Knorpels besitzt auch Amia calva gegen die Symphyse der beiden Mandibelhälften — das „Mentomeckelian." Es ist dasselbe jedenfalls bei den fossilen Amiaden und den Jugularplatten besitzenden

Digitized by Google

Lepidosteiden vorhanden. Bei Lepidosteus selbst ist es nicht da, ebensowenig wie eine Jugularplatte existirt. Auch bei Belonostomus und Aspidorhynchus fehlt dieselbe, was aus dem gänzlich abweichenden Verhalten des Unterkiefers hervorgeht.

Hier zeigt sich wieder jene schon früher erwähnte, im System kaum auszudrückende Scheidung der Lepidosteiden in eine Gruppe mit schmalen, durch die bezähnten Unterränder des Pterygoids und des Palatinums gebildeten geschlossenen Gaumen, bei denen ein grosser Theil derselben eine geschlossene Zahnfläche bildet; diese Gruppe besitzt auch keine Jugularplatten (Lepidotus, Belonostomus, Aspidorhynchus, Lepidosteus) und eine andere Gruppe, bei denen die bezahnten Unterränder durch lamellöse Ausbildung der Gaumenbogenstücke weit von dem Parasphenoid entfernt sind und der Gaumen durch zahnlose Lamellen geschlossen wird; diese Gruppe besitzt die Jugularplatte (Ophiopsis, Pholidophorus), Formen, die zu den Amiaden überleiten, von denen letzteren die typischen: Caturus, Megalurus und Amia dieselbe auch besitzen.

Die Oberflächen-Knochen des Schädels und Gesichts.

Die Hauptschädelknochen des Aspidorhynchus unterscheiden sich fast nicht von denen des Lepidosteus, wie auch die Kopfform dieselbe ist, es stimmen selbst die kleinen Nackenknöchelchen überein, die rechts und links vom Kopfende oberhalb des Operculums zur Clavicula überleiten. Es stimmt besonders die Art der Skulptur aller Kopfknochen.

Von besonderem Interesse ist noch die Vergleichung der Wangen und Schläfenbedeckung von Lepidosteus und Aspidorhynchus. Vor allem ist die grosse Zahl der Schläfenplatten bei Lepidosteus bemerkenswerth, das abweichende Verhalten derselben von einem Typus der Schläfenbedeckung

Digitized by Google

wie er in gewisser Weise bei den fossilen Lepidosteiden gesetzmässig geworden ist, Tafel II Fig. VII. Wir haben da meist drei Supraorbitalplatten, die sich enger an das Frontale anschliessen, als an das Auge: eine praefrontale, supraorbitale und postfrontale: sie tragen keinen Schleimcanal, derselbe verläuft auf den Frontalien selbst. Nach unten von beiden Enden dieser Reihe, das Auge wie mit einer Kette umhängend, eine Anzahl kleiner Plättchen, die nun wirklich den Schleimcanal tragen und Circumorbitalia Co genannt sind. Diese Plättchen sind meist gut ausgebildet. Bei Aspidorhynchus sind dieselben ganz untergeordnet und nur hinter der Orbita vorhanden. Bei Lepidosteus sind an gleicher Stelle nur noch ganz geringe Rudimente dieses Ringes übrig geblieben. Zwischen diesen Platten und dem Praeoperculum folgen meist von oben nach unten 3 oder 4 „Suborbitalplatten" die auch bei Aspidorhynchus vorhanden sind; bei Lepidosteus begrenzen sie das Auge unmittelbar von hinten.

Bei Aspidorhynchus tritt hierzu noch eine Platte (Fig. V Tafel II), die im Winkel von Squamosum und Operculum liegt und sonst bei keinem Lepidosteiden zu bemerken ist. Nur Lepidosteus zeigt dieselbe wieder, ebenfalls im Winkel von Squamosum und Operculum.

Das Praeoperculum das sich an dieselbe anschliesst, ist bei Aspidorhynchus doppelt, nach vorne concav ausgebuchtet; die obere Ausbuchtung entspricht der hinteren Convexität der Platte x, die untere fügt sich an die unteren Suborbitalplatten an. Diese Form des Praeoperculums erinnert auch wieder an Lepidosteus. Die Platte x ist bei ihm nicht so stark entwickelt und correspondirt auch nicht mit einer entsprechend grossen Ausbuchtung des Praeoperculum; die Platte x ist kleiner geworden, die obere Ausbuchtung des Praeoperculum aber grösser und es ist der derselben entsprechende oberflächliche Theil ganz reduzirt und von der Wangenbedeckung verdrängt; nur der der unteren Ausbuchtung entsprechende

Digitized by Google

Abschnitt liegt ganz auf der Oberfläche und ist auf die Kehlseite gerückt. Ich hielt es zuerst für eine Charakteristik der Aspidorhynchen, dass weder Unterkiefer noch Praeoperculum sich horizontal umbiegend noch die Kehlseite bedeckten, weil ich beide meist normal flachgedrückt vorfand. Jedoch auch dies muss nach den besterhaltenen Stücken Taf. I Fig. V fallen, Unterkiefer und Praeoperculum biegen sich nach der Kehle horizontal um, wie bei Lepidosteus.

Was nun die weitere Wangenbedeckung des Lepidosteus betrifft, so ist anomal der ganze Raum zwischen der Platte x, dem Praeoperculum einerseits und den Suborbitalplatten andrerseits, mit einer grösseren Anzahl Plättchen bedeckt, von denen die mittleren einen regelmässig polygonalen Umriss haben. Diese Anomalie gegenüber den fossilen Lepidosteiden ist sehr interessant und zeigt als eine Ausnahme nur die in weiterem Umfange fortgesetze Regel der Wangenplattenbildung selbst; solche Plättchen entstehen stets, wo durch eine eingetretene Streckung oder den Ausfall eines grösseren Gebildes eine neue Oberflächenbedeckung nöthig wird und sie sind als richtige Schaltplatten anzusehen. Auch hier findet die Einschaltung wie bei der Maxillarreihe in einer Art Indifferenzzone statt, die zwischen den älteren Gebilden liegt, die als Stützpfeiler der Neubildungen an den äussersten Grenzen stehen bleiben. In ganz gleicher Weise finden sich solche Plättchen bei Gyrodus und wir können dieselben als unwichtige, leicht veränderliche und die Abstammungsfrage nicht beeinflussende Gebilde ansehen.

Von den übrigen Gesichtsknochen sind noch bei den Aspidorhynchen zwei oder drei die Orbita von unten begrenzende Stücke zu erwähnen; weiter ein Jugale, das sich auf die obere Verbreiterung der Maxilla auflegt; dies sind indes allgemeine für Lepidosteiden und Amiaden geltende Verhältnisse. Fig. V Tafel I zeigt die Umgrenzung des Nasen-

Digitized by Google

loches von Belonostomus durch ganz zarte schuppenartige Gebilde, die ich bei Aspidorhynchus nicht beobachten konnte.

Das äussere und innere Rumpfskelet.

Wenn wir nun die gefundenen Aehnlichkeiten des Aspidorhynchus mit Lepidosteus zur Grundlage einer Vergleichung des äusseren und inneren Rumpfskelets machen wollen, so finden wir die besonderen Aehnlichkeiten, die sich im Kopfe ausdrückten, hier mehr zurücktretend. Was die Schuppen betrifft, so erreicht nur eine Aspidorhynchus-Art die Dicke der Schuppen von Lepidosteus, abgesehen von der für die Aspidorhynchen gültigen Differenzirung in den Höheverhältnissen und hiermit zusammenhängend — der Zahl der einer Vertikalreihe angehörigen Schuppen.

Die Flossenstellung aber, ihre Verhältnisse zur Körperhöhe und Länge, das Verhältniss der beiden letzteren rechtfertigen wieder die beobachteten Beziehungen in vollem Maasse. Die Quergliederung der Strahlen der unpaaren Flossen ist bei Aspidorhynchus nicht so stark ausgebildet, womit auch die geringe Entwickelung des von Pictet und Vetter endgültig constatirten Fulcrenbesatzes zusammenhängt. Den paarigen Flossen fehlt die Quergliederung ganz, es fehlen die Fulcren; ihre Strahlen sind nur an der Spitze längs gespalten und erinnern sowohl in ihrer Stärke, als in der Eigenthümlichkeit ihrer Articulation an die der paarigen Flossen der Chrondrostei. Interessante Anzeichen der grossen Annäherung des Belonostomus an Lepidosteus liefert die Wirbelsäule. Bei Aspidorhynchus sind die Hohlwirbel unverhältnissmässig höher, als lang, bei gewissen Belonostomusarten (Belonost. Münsteri Ag., Bel. spec. Wgr.) gleichen sich Höhe und Länge schon aus und die Hohlwirbel zeigen oben und unten schwache Einschnürungen. Bei einer sehr langgestreckten Gattung, Belonostomus tenuirostris Ag., haben

Digitized by Google

die hohlen Wirbel schon die typische Sanduhrform und sind bedeutend länger als hoch, wie die allerdings massiven Wirbel in der Schwanzregion bei Lepidosteus; es ist dies eine Annäherung an Lepidosteus, die in deutlichem Unterschied zur Wirbelsäule der Amia steht. Auch die enge Anlagerung der oberen und unteren Apophysen an die Hohlwirbel, die Umwachsung derselben weist auf die spätere starke Verwachsung derselben mit dem Wirbelkörper bei Lepidosteus hin.

Was nun die Schwanzflossen betrifft, so hat Lepidosteus die sehr alte Art innerer und äusserer Heterocerkie beibehalten, während unsere beiden fossilen Arten bei innerer Heterocerkie ein gespalten gleichlappiges äusseres Flossenskelet zeigen.

Nach den vorhergehenden Untersuchungen müssen wir in den Aspidorhynchen sehr nahe Verwandte des Lepidosteus sehen. Gewisse Verbindungsglieder der Aspidorhynchen mit den übrigen Lepidosteiden finden wir in den triassischen Pholidopleurus und Peltopleurus und der jurassischen Gattung Pleuropholis; dies sind aber Uebergänge zu dem Typus der dünnschuppigen Pholidophoren, die nicht für Lepidosteus gelten können, dessen Urform mehr nach Seiten des Lepidotus gesucht werden, dessen Beziehungen zu Lepidosteus schon lange hinreichend betont sind.

Eine direkte Abstammung des Lepidosteus von den Aspidorhynchen ist auch schon deshalb nicht anzunehmen, weil die Vertreter der letzteren in der Kreide sich von Lepidosteus noch mehr entfernt haben.

Digitized by Google

Tafelerklärung.

Tafel I.

Figur I. Parasphenoid, (Psph) von unten links; von der Seite echts. A. Uebergang in die Basis Cranii; B. Einfügungstelle des Basioccipitale (Aspidorhynchus).

Figur 2. Pterygoidbogen, von aussen — oben, von innen — unten, Ept—Ektopterygoid, Pl—Palatinum (Aspidorh.).

Figur 3. Maxillare (Aspidorh.).

Figur 4. Belonostomus speciosus Wgr. Psph—Parasphenoid, HM—Hymandibel, PrD—Praedentale, D—Dentale, MPt—Metapterygoid, Sq—Squamosum.

Figur 5. Belonostomus sp? Na—Nasenöffnung.

Figur 6. Spleniale (Aspidorh.)

Figur 7. Unterkiefer von Aspidorhynchus, Innenfläche Spleniale, Praedentale, Dentale Artikulare.

Tafel II.

Figur 1. Unterseite und Oberseite des Rostrums von Aspidorhynchus dorsoventral plattgedrückt; untere und obere Ansicht.

Figur 2. Rostrum (dorsoventral) mit Nasale.

Figur 3. Rostrum seitlich zusammengedrückt, Unterseite.

Figur 4. Seitliche Ansicht von Figur 3.

Figur 5. Rostrum von Lepidosteus, von der Seite.

Figur 6. Unterseite des Rostr. von Lepidosteus nach Agassiz.

Figur 7. Wangenbedeckung von Aspidorhynchus.

Digitized by Google

Digitized by Google

Sitzungsberichte

der

königl. bayer. Akademie der Wissenschaften.

Mathematisch-physikalische Classe.

Sitzung vom 11. Juni 1887.

Herr M. v. PETTENKOFER trägt die Hauptresultate einer von dem Privatdocenten Dr. K. B. LEHMANN im hygienischen Institute ausgeführten Untersuchung: „Ueber Gesundheitsschädlichkeit mehrerer hygienisch und technisch wichtiger Gase und Dämpfe" vor.

Ueber Gesundheitsschädlichkeit mehrerer hygienisch und technisch wichtiger Gase und Dämpfe.

Von Max v. Pettenkofer.

(*Eingelaufen 11. Juni.*)

Da ich voraussah, dass bei der humanitären Strömung, welche in den Gesetzen über Fabrikhygiene und Kranken- und Unfallversicherung ihren Ausdruck findet, auch oft die Frage zur Beantwortung kommen muss, welche Menge gewisser schädlicher Gase in der Athemluft schon Gefahr bringe, ob schon jede qualitativ nachweisbar schädliche Substanz gefährlich sei, oder ob die Gefahr an gewisse Concentrationen gebunden sei, liess ich schon seit einiger Zeit im hygienischen Institute dahier darüber Untersuchungen anstellen.

Digitized by Google

Ueber die Arbeit von Max Gruber[1]), gegenwärtig Professor der Hygiene an der Universität in Wien, über Kohlenoxyd, sowie über die Arbeit von Massanori Ogata[2]), gegenwärtig Professor der Hygiene an der Universität in Tokio, über schweflige Säure habe ich der verehrten Classe bereits früher berichtet. Schon diese beiden Arbeiten zeigten, wie weit die gewöhnlichen currenten Anschauungen und die Angaben in der Literatur von der Wahrheit entfernt sind.

Privatdozent Dr. Karl Bernhard Lehmann, Assistent des hygienischen Institutes, hat nun in dieser Richtung eine Reihe von Untersuchungen weiter geführt, welche theils im Archiv für Hygiene bereits erschienen sind, theils noch erscheinen werden, und erlaube ich mir der Classe einen kurzen Bericht über die Hauptresultate zu erstatten.

Lehmann hat über Chlorwasserstoff, Ammoniak, Chlor, Brom, Schwefelwasserstoff, Schwefelkohlenstoff, und Anilin und Nitrobenzol gearbeitet. Die Versuche über H_2S und CS_2 sind unter Mitwirkung von Dr. Nakahama, die über Anilin und Nitrobenzol unter der von Dr. Mori, beide aus Japan, angestellt worden. Auch sie bedienten sich des kleinen Respirationsapparates, wie Gruber und Ogata, es waren aber grosse Schwierigkeiten zu überwinden, um Methoden zu finden, dem Luftstrome, welcher durch den Apparat ging, viele Stunden lang beliebige, aber constante Mengen der zu untersuchenden Gase und Dämpfe beizufügen. Gruber konnte leicht reines Kohlenoxyd aus einem Gasometer oder einer grossen Glasflasche in beliebiger Menge dem Versuchsraume durch Verdrängen mit Wasser zuführen, Ogata benützte ein Lämpchen mit Schwefelkohlenstoff gefüllt und mit einem regulirbaren Dochte versehen, und konnte sowohl durch die Wage bestimmen, wie viel Schwefelkohlenstoff in einer bestimmten Zeit, während welcher

1) Sitzungsbericht 1881 vom 5. Febr. S. 203.

2) Sitzungsber. 1883 vom 1. Dez. S. 449.

Digitized by Google

eine bekannte Luftmenge durch den Versuchsraum strömte, verbrannte, als auch den Gehalt der durchströmenden Luft an gebildeter schwefliger Säure feststellen. Aber Salzsäure und Ammoniak liessen sich weder wie Kohlenoxyd in einem Gasometer sammeln und verdrängen, noch constant und in bestimmter Menge wie schweflige Säure durch Verbrennen einer bestimmten Menge Schwefelkohlenstoff aus einer Verbindung entwickeln.

Nach vielen vergeblichen Versuchen wandte Lehmann ein ebenso einfaches als zufriedenstellendes Verfahren an. Bei Chlorwasserstoff, Ammoniak, Chlor, Brom und Schwefelwasserstoff nahm er grosse Flaschen (etwa 15 Liter fassend), füllte diese mit Wasser, das bald mehr, bald weniger mit diesen Gasen gesättigt war, presste durch diese Flüssigkeiten beliebige bestimmbare Mengen Luft, in welche diese Gase übergingen und führte sie auf diese Art in den Luftstrom, welcher durch den Respirationsapparat gesaugt wurde. Der ganze Lufstrom wurde mittels der Pumpvorrichtungen am Apparate, so lange der Versuch dauerte, constant auf den Gehalt an den betreffenden Gasen untersucht. Diese Untersuchungen zeigten während der ganzen Dauer des Versuches eine sehr befriedigende Uebereinstimmung und Constanz zwischen einzelnen Zeitabschnitten. Wollte man mehr von diesen Gasen im Versuchsraume haben, so liess man mehr Luft durch das damit imprägnirte Wasser treten oder sättigte das Wasser mehr damit.

Bei Schwefelkohlenstoff und Anilin liess er eine beliebige Luftmenge direkt durch diese Stoffe, die ja flüssig sind, treten und bestimmte von Zeit zu Zeit mittels der Wage, wie viel davon verdampft und in den Luftstrom übergegangen war.

Lehmann hat nun auch bei seinen Untersuchungen gefunden, wie sehr unsere bisherigen Vorstellungen der Berichtigung bedürfen und wie grundfalsch und staunenswerth

Digitized by Google

oberflächlich Vieles ist, was sich darüber in Büchern findet, aber gläubig abgeschrieben und bei Gutachten angeführt wird. —

Bei Chlorwasserstoff, Ammoniak, Chlor, Brom und Schwefelwasserstoff hat Lehmann die Gasmengen nach Volum per mille angegeben, bei Schwefelkohlenstoff und Anilin nach Milligrammen pro Liter Luft. Bei Schwefelkohlenstoff kann man annehmen, dass etwa 3 Milligramme und bei Anilin etwa 3.7 Milligramme einem Kubikcentimeter in Gasform entsprechen.

Salzsäure.

Chlorwasserstoff, den Salzsäuredampf, hätte ich nicht für so schädlich gehalten, als er sich experimentell erwiesen hat. Schon 0.1 bis 0.14‰ erzeugt bei Kaninchen, Meerschweinchen und Katzen anfangs lebhafte Unruhe und Schmerzempfindungen, Speichel- und Nasensekretion, worauf aber bald ein leicht soporöser Zustand folgt.

Bei 1.5 bis 2.0‰ treten schon Dyspnoe und starke Reizsymptome, zeitweise aber auch wieder ein leicht soporöser Zustand auf, es kommt zu Thränensekretion, Conjunctivitis und Corneatrübung. Sehr häufig tritt in den auf den Versuch folgenden Tagen trockene Nekrose, manchmal auch feuchte Gangrän der Nasenflügel und des Septums ein, welche aber meist wieder ausheilen, ohne das Leben der Thiere zu gefährden; dagegen führen nicht selten sekundäre Katarrhalpneumonien zum Tode.

Wenn Thiere etwa $1^1/_2$ Stunden einer Luft von 3.4‰ HCl ausgesetzt werden, so erkranken sie lebensgefährlich durch Anätzung des ganzen Respirationstractus. — Ratten widerstehen am besten. Katzen und Kaninchen starben stets an den folgenden Tagen.

Der Mensch scheint noch empfindlicher gegen HCl zu sein, als die Thiere, mit welchen experimentirt wurde. Leh-

Digitized by Google

mann stellte mit einem kräftigen Manne in einem Raume Versuche an, wo die Luft nur 0.05‰ HCl enthielt, was die Versuchsperson nur ganz kurze Zeit zu ertragen vermochte. Lehmann glaubt, dass auch accommodirte Fabrikarbeiter nicht mehr als 0.1‰, also $^1/_{10\,000}$ ertragen.

Bei der Sektion gestorbener oder getödteter Thiere findet man die Lungen und die Trachea sehr angegriffen, Hyperämie, zahlreiche Ecchymosen. Der Tod trat gewöhnlich durch die dem Versuch folgende Lungenerkrankung ein, Meerschweinchen gingen vielfach während der Versuche, wie es schien an Respirationslähmung zu Grunde, jedenfalls nicht in Folge einer Säurevergiftung. Lehmann konnte nämlich nachweisen, dass die grossen zu einer Säurevergiftung nothwendigen Dosen unmöglich in der Versuchszeit aufgenommen sein konnten, auch die Symptomne der vergifteten Thiere stimmten nicht zum Bilde einer Säurevergiftung.

Ammoniak.

Ammoniakgas, obschon es ein Alkali und HCl eine Säure ist, wirkt in mancher Beziehung ähnlich wie HCl, nur schwächer. Lehmann bezeichnet nach Versuchen an sich, an anderen Menschen und an Thieren 0.3‰ als Grenze für die Gesundheitsschädlichkeit und hält 0.5‰ für die äusserste bei Gewöhnung längere Zeit zu ertragende Concentration für Menschen. 2.5 bis 4.5‰ geben bei etwa 8stündiger Einwirkung meist schon zu gefährlichen Pneumonien an den darauffolgenden Tagen Anlass.

5 bis 10‰, nur kurze Zeit eingeathmet, erzeugt bei Katzen schon sehr rasch, bei Kaninchen erst an den folgenden Tagen gefährliche Erkrankungen, 10 bis 12‰ tödtet in wenigen Stunden unter Laryngobronchitis haemorrhagica, Glottisödem, Lungenödem etc., zuweilen (bei Katzen stets) genügen hierzu schon Dosen von 5 bis 6‰.

Digitized by Google

Chlor.

Schon ausserordentlich geringe Mengen von Chlor (0.001 bis 0.005‰) bringen Reizsymptome in den Respirationsorganen hervor. 0.015 bis 0.03‰ machen schon lebhafte Reizsymptome, starke Salivation und Verlangsamung der Respiration. Die Thiere zeigen, einige Tage nach dem Versuche getödtet, eitrig-schleimige Bronchitis und katarrhalpneumonische Lungenpartien.

Gaben von 0.04 bis 0.06‰ verursachen in $3^1/_2$ bis 5 Stunden lebensgefährliche Symptome durch starkes Lungenödem und mehr oder weniger ausgebreitete hämorrhagische Lungenentzündungen.

Gaben von 0.6‰ tödten rasch, meist durch Entwicklung einer exquisiten Croupmembran vom Larynx bis in die feineren Bronchien hinab.

Die von Binz für den Frosch entdeckte narkotische Wirkung der Halogene konnte Lehmann mehrfach exquisit beim Kaninchen nachweisen.

Brom.

Brom wirkt genau so wie Chlor, man kann sagen, wie ein Aequivalent. Sehr auffallend ist die Wirkung der Bromdämpfe auf die Haare der Thiere. Bei nur etwas grösseren Dosen werden die Haare sulzig und schmierig und sind leicht abzustreifen.

Versuche in einer Papierfabrik und ein absichtliches Experiment am Menschen ergaben, dass vom Menschen nur etwa 0.002 bis 0.004‰ Chlor, von daran gewöhnten Menschen vielleicht etwas mehr (höchstens 0,01‰) ohne Schaden ertragen werden. — Aus den Versuchen Lehmann's geht somit mit aller Bestimmtheit hervor, dass die noch in jüngster Zeit bei Choleraepidemien üblichen Räucherungen der Menschen mit Chlor- oder Bromdämpfen absolut nutzlos sind, da zur Tödtung von Bakteriensporen ein Chlor-

Digitized by Google

gehalt der Luft von 3‰ während 3 Stunden, oder einer von 0.4‰ während 24 Stunden erforderlich ist.

Die Angaben in Büchern (z. B. in Hirt's Gewerbekrankheiten) überschreiten die zulässigen Mengen von Ammoniak, Chlor und Brom um das hundert-, ja tausendfache.

Schwefelwasserstoff.

Die grosse Giftigkeit des Schwefelwasserstoffgases ist allgemein bekannt, aber sie wird gewöhnlich höher angenommen, als die von Chlor und Brom, was sich aber nicht bewahrheitet. Eine Katze zeigte bei 8stündiger Einwirkung von 0.13‰ noch keine Symptome, auch nicht bei 10stündiger Einwirkung von 0.15‰.

Erst bei 8stündiger Einwirkung von 0.21‰ zeigte sich Somnolenz und etwas Speichelsekretion.

3½ Stunden in einer Luft mit 0.43‰ zeigte sich vermehrte Somnolenz und nahm das Thier eine träge Seitenlage an, erholte sich aber in frischer Luft sehr rasch wieder.

Erst Dosen über 0.7‰ wirken tödtlich, wenn die Thiere länger als 5 Stunden einer solchen Luft ausgesetzt werden.

Bei 3.25‰ sank das Thier nach 4 Minuten um und war nach 10 Minuten todt.

Die Sektionen ergaben bei Katzen stets Lungen- und Tracheahyperämie, bei denjenigen, welche länger lebten, ein hämorrhagisches Lungenödem, häufig auch eine seröse Flüssigkeit in den Pleurahöhlen.

Kaninchen verhalten sich im wesentlichen gegen Schwefelwasserstoff ebenso wie Katzen, sind aber empfindlicher als diese. Bei 0.72‰ trat schon nach 3 Stunden 50 Minuten der Tod ein. Bei 1.3 und 3.25‰ waren stets ein paar Minuten genügend, um das Thier unter Schwankbewegungen zusammenstürzen zu lassen. In diesem Zustande aus dem Apparate genommen und in frische Luft gebracht, erholte es sich immer rasch.

Digitized by Google

Die Sektionsbefunde bei den gestorbenen Kaninchen waren denen bei Katzen stets ähnlich. Die Hauptwirkung des Gases findet offenbar auf das Centralnervensystem statt.

Versuche am Menschen wurden nicht gemacht, aber wahrscheinlich darf man für ihn 0.15‰ als Grenzwerth annehmen. Es werden darüber noch weitere Versuche gemacht werden.

Schwefelkohlenstoff.

Die Versuche über Schwefelkohlenstoff sind zwar noch lange nicht abgeschlossen, aber sie haben einige so merkwürdige Thatsachen ergeben, dass ich glaube, schon jetzt darauf hinweisen zu müssen, weil vielleicht namentlich Chemiker veranlasst werden könnten, sich noch eingehender mit der Zusammensetzung des käuflichen Schwefelkohlenstoffes, wie er besonders in den Kautschukfabriken in so grosser Menge in Verwendung kommt, zu befassen. Lehmann hat gefunden, dass verschiedener Schwefelkohlenstoff sehr verschieden giftig ist. Darauf wurde auch schon früher in Frankreich durch eine Arbeit von Sapelier aufmerksam gemacht, aber Sapelier[1]) führt dafür einen ganz falschen Grund an: er meint nämlich ein Gehalt an Schwefelwasserstoff sei die Ursache. Es ist sehr wohl möglich, dass der giftige Schwefelkohlenstoff, mit welchem Sapelier experimentirt hat, schwefelwasserstoffhaltig war, aber die Versuche Lehmann's zeigen, dass dieses jedenfalls ein bedeutungsloser Zufall war, denn Lehmann beobachtete die nämlichen grossen Unterschiede in der Giftigkeit verschiedener Schwefelkohlenstoffe, ohne je in einem Schwefelwasserstoff gefunden zu haben.

Lehmann experimentirte z. B. mit einem käuflichen Schwefelkohlenstoff, welcher schon bei einem Gehalte von 0.2 bis 0.3 Milligramm im Liter Luft so heftig wirkte, dass

1) Étude sur le sulfure de carbone. Faculté de Médecine de Paris. These Nr. 246, 1885.

Digitized by Google

Katzen nach $1^1/_2$ Stunden Speichelfluss, Sopor und sehr vertiefte und beschleunigte Respiration zeigten, nach 2 Stunden nach längerem Schwanken häufig unter Wälzbewegung, leichten klonischen Zuckungen etc. zu Boden fielen und bei Dosen von 0.65 Milligramm unter ähnlichen, nur rascher sich entwickelnden Symptomen schon in $3^1/_4$ Stunden zu Grunde gingen, während bei einem, aus einer anderen Quelle bezogenen Schwefelkohlenstoffe im Liter Luft 0.84 Milligramme sein durften, ohne dass es zu ernsteren Symptomen kam. Nach $9^1/_2$ Stunden aus dem Apparate genommen, erholte sich das Thier sehr bald vollständig wieder. Ja, selbst bei einem Gehalte von 2.3 Milligramm Schwefelkohlenstoff im Liter Luft dauerte es 7 Stunden, bis eine Katze so weit geschädiget war, dass sie 10 Stunden nach dem Versuch an den Folgen der Vergiftung starb.

Die Sektionen der gestorbenen Thiere ergaben ausser Lungenhyperämie und hie und da Lungenecchymosen keine charakteristischen Befunde. Auch das Blut zeigte sich normal. Neben einer leichten lokalen Reizwirkung auf die zugänglichen Schleimhäute wirkt der Schwefelkohlenstoff also namentlich auf das Nervencentralorgan. Mit Chloroform analog angestellte Versuche zeigten eine grosse Aehnlichkeit der Wirkung der beiden Stoffe.

Es scheinen noch unbekannte oder bisher nicht beachtete Verbindungen im Schwefelkohlenstoff des Handels enthalten zu sein und den Haupttheil seiner Giftigkeit auszumachen.

Lehmann hat sich durch Behandlung des käuflichen Schwefelkohlenstoffes mit concentrirter Schwefelsäure, Wasser, Aetzkali, darauffolgendes Waschen mit Wasser und Trocknen mit Chlorcalcium und schliesslich durch mehrfache Destillation über Quecksilberchlorid ein möglichst reines Präparat hergestellt, welches genau, nur etwas schwächer wie Chloroform riecht. Auch dieser möglichst gereinigte Schwefel-

Digitized by Google

kohlenstoff zeigt sich noch giftig, wenn auch in geringerem Grade, wie manches käufliche Präparat.

Das so verschiedene Erkranken der Arbeiter in verschiedenen Kautschukfabriken mag daher immer seinen Grund theilweise in einer verschiedenen Qualität des Schwefelkohlenstoffes haben, aber jedenfalls wirken da auch die Ventilationsverhältnisse der Arbeitsräume mit, und kann auch dem reinsten Schwefelkohlenstoffe die Giftigkeit nicht abgesprochen werden.

Lehmann wird seine Untersuchungen auch auf Kautschukfabriken und auf den dort neben dem Schwefelkohlenstoff in Verwendung kommenden Chlorschwefel ausdehnen.

Anilin und Nitrobenzol.

Ueberraschend ist die Giftigkeit des Anilin in den kleinsten Dosen, namentlich für Katzen. 0.15 Milligramm im Liter Luft (etwa 0.04‰ des Volums) bringen binnen 7 Stunden noch keine besonderen Symptome hervor, aber schon Dosen von (0.4 Milligramm (etwa 0.1‰ des Volums) zeigen sich gefährlich. Bei dieser Concentration bekommt eine Katze schon nach 30 Minuten lange anhaltende Salivation, nach $5^1/_2$ Stunden Erbrechen und Störungen der coordinirten Bewegung, namentlich zeigt sich etwas Schwäche der Hinterbeine. Die Respiration ist wechselnd, aber vorwiegend stark beschleunigt. Nach $6^1/_4$ Stunden werden Lippen und Zunge stark cyanotisch, die Pupillen weit und ihre Reaktion sehr träge. Nach $8^1/_4$ Stunden wird das Thier matt, taumelt, ist aber weder lahm noch narkotisirt. Aus dem Apparate genommen zeigt es am folgenden Tage vollständige Pupillenstarre, grosse Schwäche und ein eigenthümliches Schwanken beim Gehen. Nach 2 Tagen war die Pupillenreaktion wiedergekehrt, da aber die allgemeine Schwäche fortdauert und sich neben Störungen der coordinirten Muskelbewegung

Digitized by Google

auch häufige klonische Zuckungen in den Muskeln zeigen, wird das Thier getödtet.

Bei der Sektion zeigte sich starke, gelbe Färbung der Leber und aller Schleimhäute, ebenso goldgelbe Schatten in den Leberzellen. Die Niere erscheint gelblich und stark verfettet Weder im Harn noch in dem stark gelbroth gefärbten Blutserum gelang bisher eine Reaktion auf Gallenfarbstoff. Weitere Untersuchungen über diese Gelbfärbung sind in Aussicht genommen. Lungen blass bräunlich, an einer Stelle eine kleine Hämorrhagie. Herz schlaff.

Bei Dosen von 0.7 bis 0.8 Milligramm im Liter Luft ist der Vergiftungsverlauf der gleiche, nur treten neben den geschilderten Symptomen bald stärker, bald schwächer klonische Convulsionen einzelner Muskelbündel, ganzer Muskeln und Muskelgruppen in den Vordergrund. Die Respiration schwankt ganz unregelmässig zwischen 10 und 168 in der halben Minute.

Nach 9 Stunden aus dem Apparate genommen sind die Thiere gelähmt, reflexlos, höchst livid, pupillenstarr, bei kräftiger Herzthätigkeit.

Tödtet man ein Thier in diesem Zustande, so findet man bei der Sektion Injektion und blutiges Oedem der Lunge, ziemlich reichlichen Hämatingehalt des bräunlich rothen Lungenblutes, im Körperblut bei spektroskopischer Untersuchung nur Oxyhämoglobinstreifen, im Harne Oxyhämoglobin und Hämatin.

Lässt man ein solches Thier am Leben, so geht es unter anhaltenden Convulsionen und fibrillären Zuckungen, ohne sich mehr aus der Seitenlage zu erheben, in 1 bis 2 Tagen unter kläglichem Miauen zu Grunde und zeigt sich bei der Sektion stets die auffallende Gelbfärbung der innern Organe. — Im Harne lässt sich Anilin stets nachweisen.

Die bisher mit Anilin am Menschen beobachteten Vergiftungssymptome stimmen damit gut überein.

Digitized by Google

Eine höchst auffallende Thatsache ist, dass Kaninchen und Meerschweinchen verhältnissmässig unempfindlich gegen Anilin sind. Zur Controle befanden sich bei jedem Versuche, der mit einer Katze gemacht wurde, gleichzeitig auch immer ein Kaninchen und ein oder zwei Meerschweinchen im Apparate, welche nie schwerere Symptome zeigten. Einem Kaninchen wurde einmal Anilin (2 c. c.) subcutan injicirt, ohne dass das Thier erkrankte, während daran eine Katze rasch unter den charakteristischen Symptomen zu Grunde ging. Der oder den Ursachen dieses auffallenden Unterschiedes zwischen Katze und Kaninchen wird Lehmann noch weiter nachforschen.

Ueber den Gehalt der Fabrikluft an Anilin liegen keine Bestimmungen vor, aber aus vielen Thatsachen geht hervor, dass es auch für den Menschen ein ziemlich heftig wirkendes Gift ist.

Ueber die Versuche mit Nitrobenzol ist nur zu berichten, dass, so reichlich man auch Nitrobenzoldampf der Kastenluft zuführen mochte, nie die Thiere (Katzen, Kaninchen und Meerschweinchen) ernstlich erkrankten. Diese oft constatirte Thatsache stimmt nicht recht mit vielen Erfahrungen über die Giftigkeit des vom Magen aus verabreichten Nitrobenzols, man möchte vermuthen, dass diese schwer flüchtige Substanz durch die Lungen nur sehr wenig aufgenommen würde.

Aus der ganzen Reihe von Untersuchungen über die Wirkung schädlicher Gase und Dämpfe in der Luft, welche bisher mit Hilfe des Respirationsapparates weniger für wissenschaftlich toxikologische und pharmakologische, sondern mehr für praktisch hygienische Zwecke gemacht worden sind, scheint mir hervorzugehen, dass die Schädlichkeit der genannten Gase und Dämpfe nicht bloss auf lokalen Verän-

Digitized by Google

erungen oder des Blutes beruht, sondern auch auf Wirkungen auf das Nervensystem und namentlich seine Centralorgane.

Bei den sogenannten ätzenden Gasen (schwefliger Säure, Chlorwasserstoff, Ammoniak) treten allerdings Veränderungen der ersten Wege, womit diese Stoffe in Berührung kommen, deutlich hervor, aber schon bei Chlor und Brom etwas weniger, und treten auch Cerebralsymptome schon ein: hingegen bei mehreren (Kohlenoxyd, Schwefelwasserstoff, Schwefelkohlenstoff und Anilin) scheint die Hauptwirkung in dem Einflusse auf das Nervensystem zu liegen. Und selbst bei den ätzenden Gasen scheint die Wirkung auf das Nervensystem mitbetheiligt. Eine Luft, welche die Nerven der Respirationswege krankhaft reizt, ist gewiss nicht ohne Einfluss auf das Athemcentrum und dessen Verbindungsbahnen mit anderen Centralorganen. Ist ja schon der Glottiskrampf, welcher bei den ätzenden Gasen auch eine Rolle spielt, eine Nervenwirkung. Eine Andeutung von solchen Dingen haben wir schon in unserer gewöhnlichen Wohnungsluft, und hängt damit wahrscheinlich auch das zusammen, was man Angewöhnung oder Abstumpfung oder individuelle Disposition nennt. Einer, für welchen eine Luft nur einen unangenehmen Geruch hat, kann davon krank werden, während einer, welcher entweder den Geruchssinn verloren hat, oder dem der Geruch nicht unangenehm ist, in solcher Luft sich ganz wohl befinden kann.

Auf unser Nervensystem wirkt aber, ohne dass wir es sofort wissen und empfinden, noch gar Vieles, was weder riecht noch schmeckt, und können solche giftige Stoffe auch in der Athemluft enthalten sein. Vom Schwefelwasserstoff riechen wir allerdings die kleinsten Spuren, aber das ganz geruch- und geschmacklose Kohlenoxyd ist eingeathmet fast ebenso giftig. Weil man im Blute eines an Kohlenoxyd Gestorbenen das tödtliche Gift nachweisen kann, glauben Viele sagen zu dürfen, dass es dadurch tödte, dass das

Digitized by Google

Kohlenoxyd aus dem Oxyhämoglobin, dem normalen Bes theile unseres Blutes, den Sauerstoff austreibe, wo Kohlenoxydhämoglobin entstehe, welches dem normalen wechsel, soweit dieser in einer Oxydation bestehe, mehr dienen könne, was also einer Erstickung oder Blutmangel ähnlich wäre. Wenn man aber bedenkt, wie kleiner Theil der ganzen Blutmasse bei tödtlich laufenden Kohlenoxydvergiftungen durch Bildung von Ko oxydhämoglobin seines Sauerstoffes beraubt wird und viel Oxyhämoglobin daneben noch vorhanden ist, so das dadurch veranlasste Blutverlust viel kleiner als der kle Aderlass ist, welchen Gesunde und Kranke ohne Gefahr ertragen, so wird man wohl gezwungen, an eine spezi giftige Wirkung des Kohlenoxydhämoglobins im Organis auf das Nervensystem und seine Centralorgane zu denk Die Blutkörperchen sind nur das Medium, das Kohlenox aus der Luft zu absorbiren und es dem Organismus in nöthigen Menge zuzuführen.

Gruber hat bei seinen Untersuchungen zuerst nachgewiesen, dass bestimmte Grade des Symptomenkomplexes st einer bestimmten Concentration des Kohlenoxydes in der a thmeten Luft entsprechen, und dass diese Grade sich nicht ändern, wenn die Thiere auch sehr lange in solcher Luft bleiben, dass somit im Blute keine Anhäufung von Kohlenoxyd mit der Zeit des Athmens entsteht, sondern dass der Organismus die Fähigkeit besitzen muss, sich geringe Mengen des Giftes auf irgend eine Art bis zu einem gewissen Grade beständig zu entledigen. Gruber hat ein Kaninchen 66 Stunden lang in einer Luft von 0.5‰ Kohlenoxyd athmen lassen, ohne dass es im geringsten erkrankte; aber wenn er Kaninchen eine Luft von 4 bis 5‰ Kohlenoxyd athmen liess, trat der Tod zwischen 30 und 40 Minuten ein.

Aus den Versuchen von Ogata mit schwefliger Säure

Digitized by Google

; hervor, dass auch dieses Gas ins Blut aufgenommen als Nervengift wirkt. Wenn Fröschen, bevor sie in den ıarat gesetzt wurden, ein Schenkel gebunden wurde, so in diesem kein Blut mehr circuliren konnte, während andere Schenkel ungebunden blieb, so zeigte, nachdem Tod im Apparate eingetreten war, der nervus ischiadicus gebundenen Schenkels stets noch die gewöhnliche Reizkeit, während die Reizbarkeit des Nerven in dem nicht ıundenen Schenkel, durch welchen bis zum Eintritte des les das Blut strömte, welches mit schwefliger Säure in ührung gekommen war, stets auf ein Minimum geıken war.

Das Nämliche gilt von dem stark riechenden Schwefelsserstoff, der auch einen Theil unseres Blutes in Beschlag nmt, an dem man aber bereits stirbt, wenn man auch ch ein Uebermass gesundes Blut in den Adern hat. Lehann hat gefunden, dass eine Katze 10 Stunden lang eine ıft von 0.15‰ Schwefelwasserstoff, welche schon sehr el riecht, athmen konnte, ohne dass man ihr eine Spur n Uebelbefinden anmerkte, dass ein solches Thier aber in ner Luft von 3.25‰ Schwefelwasserstoff in 4 Minuten nsinkt und nach 10 Minuten todt ist. An Luft, d. h. an m für den normalen Stoffwechsel nöthigen Sauerstoff kann nicht gefehlt haben, auch die während der kurzen Zeit ıs der eingeathmeten Luft ins Blut aufgenommene Menge chwefelwasserstoff kann nicht so gross gewesen sein, um esentliche substanzielle Veränderungen im Organismus herorzubringen, die tödtliche Wirkung lässt sich nur durch ine Wirkung auf das Nervensystem erklären.

Auch ist das Blut und der ganze Körper von Katzen nd Kaninchen nicht entfernt so verschieden zusammenesetzt, dass man aus einer substanziellen Veränderung erlären könnte, warum das Anilin für Katzen so giftig und ür Kaninchen unschädlich ist. Wahrscheinlich wird das

Digitized by Google

Nervensystem verschiedener Thiergattungen vom Anilin ebenso verschieden wie vom Morphium und anderen Giften gereizt.

Je höher ein Organismus entwickelt ist, desto empfindlicher scheint er für schädliche Gase und Dämpfe zu sein. Die Bakterien ertragen, wie wir oben gesehen haben, Chlor und Brom und schweflige Säure in der Luft so lange und in so grossen Mengen, wie sie für Menschen und warmblütige Thiere sicher und in kürzester Zeit tödlich sind. Das ist vielleicht auch der Grund, warum gerade der Mensch in seiner Wohnung eine reinere Luft braucht als alle seine Hausthiere.

Digitized by Google

Mathematisch-physikalische Classe.

Sitzung vom 2. Juli 1887.

1. Herr H. SEELIGER trägt die Hauptresultate einer Untersuchung: „Zur Theorie der Beleuchtung der grossen Planeten, insbesondere des Saturn“ vor. Die Abhandlung ist für die Denkschriften bestimmt.

2. Herr E. LOMMEL legt eine Abhandlung der Herren H. GÖTZ und A. KURZ in Augsburg „Elektrometrische Untersuchungen“ vor.

3. Herr W. v. GÜMBEL spricht über „Die miocänen Ablagerungen im oberen Donaugebiete und die Stellung des Schliers von Ottnang“.

Elektrometrische Untersuchungen.

Von H. Götz und A. Kurz in Augsburg.

(*Eingelaufen 2. Juli.*)

Kurze Vorgeschichte der vorliegenden Arbeit: Das Wesen und der Sitz der „elektromotorischen Kraft“, welche den galvanischen Strom verursacht, beschäftigte seit Galvani und Volta bis auf die neueste Zeit eine Reihe von Physikern. Je verborgener dieses Untersuchungsobjekt ist, desto mehr hat man Thatsachen zu sammeln und die Modifikationen zu studieren, unter welchen jene Ursache in die Erscheinung tritt. Und um hiefür ein Beispiel zu erwähnen, so schloss erst vor 4 Jahren Fromme in Wiedemann's Annalen (Band 18 und 19) eine Reihe „Elektrischer Untersuchungen“ über das Verhalten von Platin, Palladium, Gold,

Digitized by Google

Gaskohle und Aluminium in Chromsäurelösung und in Salpetersäure, sowie über die Kondensation und Absorption des Wasserstoffs durch Platin und Palladium mit den Worten ab: „Ich möchte zum Schlusse dem Wunsche Ausdruck geben, dass die in der 1. und 2. Abhandlung niedergelegten Resultate, deren Erklärung ich zu geben versucht habe, auch anderen Physikern interessant und wichtig genug erscheinen möchten, um meine Erklärung zu prüfen und eventuell eine bessere in Vorschlag zu bringen".

Unsere eigenen Untersuchungen schliessen indess nicht hier an, sondern beginnen so zu sagen von vorne. Oder wenn denn doch jede ähnliche Untersuchung voraussetzt, dass man das bereits vorhandene Material kennen lernt und von diesem womöglich auch Ausgangspunkte zur eigenen Fortsetzung auswählt: Es hat ungefähr um das Jahr 1880 Prof. Franz Exner in Wien den bekannten Streit zwischen der Kontakt- und der chemischen Theorie aufgegriffen, als Kämpfer gegen die erstere. Fromme ist u. a. auch gegen Exner aufgetreten im 12. Bande der Wiedemann'schen Annalen („Ueber die elektromotorische Kraft der aus Zink, Schwefelsäure und Platin, resp. Kupfer, Silber, Gold, Kohle gebildeten galvanischen Kombinationen") und schliesst diese Abhandlung mit den Worten: „Es wird sich vielleicht Gelegenheit finden, diese Resultate im Zusammenhange mit einer neueren Abhandlung von Herrn Exner zu besprechen".

In den Abhandlungen Exners und in dem seit längerer Zeit gehegten Wunsche, eigene Beobachtungen auf diesem Gebiete anzustellen, schöpften wir die Motive zu unseren Arbeiten. In einer vorläufigen Mitteilung (Rep. der Phys. XXIII, 311—321, 1887), suchten wir den experimentellen Nachweis zu liefern, dass

1. die Erde kein Glied der Spannungsreihe ist, wie die Kontakttheorie fordern muss, sondern als „Leiter zweiter Klasse" wirkt, und dass

Digitized by Google

2. jedes Metall in direkter Berührung mit der Erde ein ihm und der Bodenbeschaffenheit an der betreffenden Stelle eigenthümliches negatives Potential annimmt.

Letzteres wird also nicht durch eine sogenannte Kontaktkraft, sondern durch die chemische Einwirkung der Bodenfeuchtigkeit auf das Metall hervorgerufen. Mit andern Worten: wir erklären die Verbindung Metall-Erde für ein galvanisches Element, dessen negativer Pol das Metall und dessen Erreger die Bodenfeuchtigkeit ist, während der positive Pol durch die festen Theile des Erdkörpers gebildet wird.

Um jede Verwechslung mit der kontakttheoretischen Bezeichnung M|N für das sogenannte Kontaktpotential der Metalle M und N zu vermeiden, haben wir für die hier in Frage kommenden Potentialdifferenzen die Bezeichnung M‖N eingeführt. Hiernach stellt z. B. Zn‖E (Erde) ein einfaches galvanisches Element dar, ebenso Cu‖E; dagegen Zn‖Cu stellt ein Doppelelement vor, welches entsteht durch die Gegenschaltung der vorher genannten einfachen Elemente. Der Zwischenraum innerhalb der beiden Striche gedenkt gewissermassen der wirksamen Flüssigkeit nach dem alten Grundsatze: Corpora non agunt nisi fluida.

Bezeichnet man die Grösse

$$Zn‖E \text{ mit } -z \text{ und } Cu‖E \text{ mit } -c, \text{ so ist}$$

$$Zn‖Cu = -(z-c),$$

d. i. gleich der Differenz der auf unsere Weise gedeuteten natürlichen Potentiale.

Bei solchen Messungen wird das eine Quadrantenpaar des Elektrometers durch einen Kupferdraht etwa mit der Erde, also mit der eisernen Gas- oder Wasserleitung verbunden und nimmt das Potential $(-g)$ dieser rostigen Eisenmassen an, gleichgültig aus welchen Metallen der Draht und die Quadranten bestehen mögen. (Nach der Kontakttheorie wäre dagegen für den vorliegenden Potentialwert das Quadrantenmetall massgebend.) Wenn alsdann das andere

Digitized by Google

Quadrantenpaar beispielsweise mit einem Zinkdraht verbunden wird, der den feuchten Erdboden berührt, so erhält dasselbe das Potential $(-z)$ dieses Zinkstückes und man misst durch den Ausschlag der elektrischen Nadel des Instrumentes die Potentialdifferenz

$$-(z-g).$$

Unsere dort mitgeteilten Versuche ergaben als vorläufige Potentialwerte der bekannteren Metalle, ausgedrückt in Teilen der Skala des Beobachtungsfernrohrs

Zn	Pb	Fe	Gasleitung	Cu
-64	-32	-14	0	$+24$ Doppelmillimeter

(zweiseitiger Ausschlag, wie er durch Wiederholung jedes Versuches nach Umschaltung eines Kommutators und Addition der beiden entgegengesetzten Ausschläge gewonnen wird).

Hieraus ersieht man u. a., dass das nach Sauerstoff gierige blanke Eisen (Fe) negativ ist gegenüber dem rostigen (G), ein Beispiel, wie sehr es da auch auf die Beschaffenheit der Oberfläche des Metalles ankommt.

Die im Nachfolgenden mitgeteilten Beobachtungen sind eine Fortsetzung jener 14 Versuche, auf welche im Bedarfsfalle unter dem Namen „frühere Abhandlung" zurückgegriffen werden soll, wobei mehr und genauer ins Einzelne einzugehen gestrebt wurde.

Ausser dieser früheren Abhandlung mag noch kurz einer kleinen kritischen Publikation von unserer Seite im „Centralblatt für Elektrotechnik" gedacht werden gegen eine kontakttheoretische Auslegung von Uljanin in Strassburg, im letzten (30.) Bande der Wiedemann'schen Annalen[1]).

1) Dieselbe ist auch gegen Exner gerichtet und dessen Replik wurde der Wiener Akademie in der Sitzung vom 31. März vorgelegt. Am 12. Mai schrieb uns Exner: „Ihre Erklärung der Ladungen (l. c.) ist gewiss eine mögliche und die Bemerkung sehr zutreffend, dass alle Metalle (dort) die gleichen Ladungen ergeben mussten". (Zu vergleichen oben der mit $[z-g]$ schliessende Absatz.) Im Juni sandte

Digitized by Google

Wir gehen nun zu den neuen weiteren Versuchen über.

§ 1. Mit je zwei Drähten[1]) in Brunnenwasser, welche mit den beiden Quadrantenpaaren verbunden wurden, erhielten wir

am 18. Februar $Zn\,|\,Cu = -8{,}83$, $Zn\,|\,Pt = -9{,}74$
„ 19. „ „ 9,46, „ 10,19.

Eisendrähte zeigten noch mehr abweichende Werte, z. B.

	18. Febr.	19. Febr.	21. Febr.	
$Zn\ Fe_1$	$= -3{,}97$	$-5{,}36$	$-4{,}85$	$-4{,}56$
$Zn\ Fe_2$	$= -4{,}50$	$-6{,}69$	$-6{,}02$	$-6{,}05$
$Fe_1\ Fe_2$	$= +1{,}33$ beob.	$-0{,}58$ beob.	$-1{,}50$ beob.	$-1{,}50$ beob.
	statt $-0{,}53$ ber.	$-1{,}33$ ber.	$-1{,}17$ ber.	$-1{,}49$ ber.

Das Fe_1 war stets durch Putzen blank erhalten worden; Fe_2, vom selben käuflichen Drahte, dagegen nicht. In den beiden letzten Zeilen bemerkt man die successive Annäherung der beobachteten und berechneten Werte.

In der ersten Zeile fällt die Steigerung von -4 ungefähr auf $-5\frac{1}{2}$ auf, die wir noch öfter beobachteten, wenn das Fe_1 vorher an der Luft gelegen war und wenn es nachher war geputzt worden. Wenn es von einem zum anderen Versuche im Wasser gelassen worden war, waren so grosse Aenderungen nicht zu bemerken.

Am 22. Februar wurden 8 Messungen der Differenz $Zn\,|\,Fe_1$ so angestellt, dass das Zn stets blank geputzt und das Fe_1 je 5 Minuten an der Luft gelegen war; die genannte Steigerung war kontinuierlich von

$$-4{,}64 \text{ bis } -6{,}47,$$

---

er uns den betreffenden Separatabdruck, wofür auch hier unser Dank ausgesprochen werden soll. Die auf der dritten Seite desselben stehende Formel ergiebt sich nach unserer Auslegung mit der wesentlichen Modifikation, dass $V_1 = V_2$, also $= V$ gesetzt werden muss, wie auch $\varphi_1 = \varphi_2 = \varphi$.

1) Sollte später einmal auch die Capacität in Frage kommen, so sei bemerkt, dass die Drähte 2 mm dick und 130 lang sind.

Digitized by Google

und desgleichen in fünf Messungen der Differenz Zn
welche ergaben

$$-5{,}80 \text{ bis } -6{,}46;$$

dadurch haben sich also Fe_1 und Fe_2 elektromotrisch
zur Gleichheit genähert und man kann $-6{,}5$ als vorläu
Grenzwert für blankes Zn und rostiges Fe ansehen;
$-1{,}8$ ungefähr als Grenzwert für blankes und ro
Eisen, welcher mit der obigen, aus unserer früheren Abh
lung wiederholten Zahl (14 Doppelmillimeter), insofern
einstimmt, als wir dort die notwendige Erhöhung, wel
um den vierten Teil des Wertes, wegen der unvollkom
Isolierung der Ebonitringe beifügten. Bei den jetzigen
suchen sind die beiden Poldrähte im Wasser nur 2 cm
einander entfernt, also der innere Widerstand verschwi
klein gegen den der Ebonitringe, oder die gemessene Po
tialdifferenz gleich der vollen elektromotorischen Kraft

Zwei Zinkdrähte, Zn_1 blank poliert, Zn_2 stark oxy
lieferten

$Zn_1 \| Zn_2 = = 0{,}23$, (Doppelcentim
und nachdem Zn_2 oberflächlich abgerieben war, $+1{,}60$, (Zn_1 jeweils
nach stärkerem Putzen desselben $+1{,}11$, poliert)
Zn_2 wie Zn_1 poliert $+0{,}24$.

Im 1. dieser vier Versuche schützte die Oxydhaut,
4. die Politur das Zn_2 (teilweise und in gleichem Gr
gegenüber Zn_1) gegen den Zutritt des O; im 2. Versu
war dagegen die Oberfläche des Zn_2 aufgelockert; der 3. V
such stellt einen Uebergangszustand vom 2. zum 4. V
suche vor. —

§ 2. Angesichts dieser dreierlei Momente, die für
Potentialwert bestimmend sind und durch das Symbol

$$M \| N$$

1) Gelegentlich bemerkt, war Mitte Februars auch das Elek
meter auseinander genommen, der Ebonit mit Petroleum gere
und mit Schellack überstrichen worden.

Digitized by Google

h ausgesprochen werden: die zweierlei Metalle, jedes mit ıer Oberflächen-Beschaffenheit, und die (mehr oder minder) sige Zwischenschichte, suchten wir zwei dieser drei Vari- en möglichst konstant zu machen und wählten als das e der Metalle

blank poliertes Zink,

il dessen Politur vor und nach jedem Versuche sich leicht rstellen und kontrollieren liess, und als Flüssigkeit

destilliertes Wasser.

Jenem Zink schreiben wir den Pegelstand Null zu und tzen es im genannten Symbol an die rechte Seite, also

M | Zn,

dass die meisten der früher genannten und noch zu ınnenden Potentialdifferenzen das Pluszeichen bekommen, elches wir aber doch meist beisetzen werden. Mit diesem n kombinierten wir zum galvanischen Elemente folgende letalle M:

§ 3. Eisen.

Fe_1, anfänglich sorgfältig poliert:		Fe_2, nicht oxydiert aber rauh:		
Fe_1	Fe_2	Fe_1	Fe_2	Bemerk.
M | Zn = + 5,28	+ 4,52	+ 4,02	+ 3,44	A
4,42	3,59	2,66	2,17	B
4,04	3,09	3,71	3,89	A
3,23	2,70	2,36	2,42	C
2,61	2,10	1,91	2,20	„
2,32	2,06	3,10	3,23	„
2,60	2,08	2,26	2,41	„
2,91	2,31	2,18	2,01	„
2,27	2,25	2,31	2,31	„
2,32	2,31	2,27	2,26	„
2,49	2,42			
2,53	2,36			
2,57	2,52			

Digitized by Google

Fe_1	Fe_2	Fe_1	Fe_2	Bem
+ 2,37	+ 2,42	+ 3,66	+ 3,57	A
3,11	3,02	4,05	4,11	.
2,38	2,33	4,50	4,84	.
2,26	2,23	4,63	4,62	.
2,39	2,39	4,69	4,77	.
2,42	2,40	4,77	5,00	.

Alle diese Versuchspaare sind in der chronologisch Reihenfolge zusammengestellt (10. März bis Ende April) u die in zwei Doppelkolonnen beigefügten Bemerkungen s folgende:

A) das Versuchsmetall in der Zwischenzeit an der L getrocknet;

B) in das destillierte Wasser war vorher O eingele worden;

C) am vorherigen Tage O eingeleitet und das Versuc metall über Nacht im Wasser gelassen.

Anfangs Mai wurde die Schwefelsäure im Elektrom erneuert und die Ladungssäule revidiert, wodurch die Empfi lichkeit merklich stieg. Daraus lässt sich schliessen, d gegen das Ende des April die betreffenden Werte klei ausgefallen sind, als sie bei konstanter Empfindlichkeit si ergeben hätten. Man sieht dies aus:

	Fe_1	Fe_2	Fe_3	Fe_4
4. Mai:	+ 6,46	+ 7,07	+ 5,49	+ 4,59

Fe_1 und Fe_2 sind die früheren Eisendrähte mit ihre dicken Oxydüberzuge;

Fe_3 ist blank poliert wie obiges Fe_1 im Anfange wa

Fe_4 ist von derselben Oberfläche wie Fe_2 im Anfange wa

Man sieht aus diesen sechs Doppelkolonnen:

1) Fe_1 ist anfangs positiv gegen Fe_2, weil dem O wenige zugänglich.

2) Mit der Wiederholung des Versuches werden beider

Digitized by Google

·te kleiner, durch vermehrte Aufnahme von O auf der :h die vorhergehende Oxydation gelockerten Oberfläche;

3) dadurch mussten auch die beiderlei Werte des Poten- :s einander gleich werden (2,3),

4) das geringe, aber doch trotz der Schwankungen be- ·kliche Wachsen (auf 2,5) deutet auf einigen Schutz gegen tere Aufnahme von O durch die schon bestehende Oxyd- ıt hin.

5) Das Schwanken des ungefähr gleichen Betrages für und Fe_2 bei der Prozedur C sowohl, als nachher in der tten Doppelkolonne deutet auf ein Zerreissen und Abfallen · Oxydhaut hin, was man auch mit freiem Auge erkennt, lem das Wasser sich trübt und auf dem Boden Oxyd sich lagert.

6) Die Prozedur A erhöht die Widerstandsfähigkeit der :ydschichte in beiden Fe so sehr, dass der anfängliche ɔtentialwert 5,3 (des Fe_1) überschritten wird, wie man an r vierten Doppelkolonne mit Rücksicht auf das vor der nften Gesagte und an dieser erkennt.

7) Um diese Ueberschreitung besser taxieren zu können, urde der in der sechsten Doppelkolonne angegebene Doppel- ɛrsuch angestellt.

§ 4. Blei.

b_1, anfänglich poliert, aber im Wasser sofort anlaufend, daher die an- ınglich gemessene Potentialdifferenz etwas zu niedrig zu erachten ist.
Pb_2 rauh.

18. März:

Zeit	Pb_1	Pb_2
0	+2,64	+2,08
15′		1,74
20′	2,25	
25′	1,91	1,89
60	2,40	
100		1,98

Digitized by Google

Vom 19. März bis Ende April wurde je ein Wertepaar bestimmt, wie beim Eisen (§ 3), so dass die folgenden vier Doppelkolonnen den ersten vier vom Eisen der Zeit und den übrigen Umständen nach entsprechen.

Pb_1	Pb_2	Pb_1	Pb_2	Bemerk.
+ 3,45	+ 3,41	+ 4,30	+ 3,98	A
4,23	3,78	4,01	4,08	B
3,28	3,40	3,44	3,74	A
3,57	3,59	3,48	3,55	C
3,90	3,83	3,30	3,42	„
4,13	3,80	5,46	5,39	„
4,91	3,94	3,83	3,80	„
		3,52	3,59	„
		3,94	4,01	„
		3,95	3,77	„

Pb_1	Pb_2	Pb_1	Pb_2	Bemerk.
+ 4,21	+ 4,15	+ 3,85	+ 4,38	A
5,35	5,34	4,35	4,50	„
4,14	3,92	4,27	4,45	„
3,94	3,94	3,99	4,52	„
3,95	3,92	4,39	4,32	„
4,24	4,24	4,22	4,37	„

Auch für den 4. Mai gelten die vor und nach demselben im vorigen Paragraphen stehenden Bemerkungen:

Pb_1	Pb_2	Pb_3	Pb_4
+ 5,35	+ 5,48	+ 3,60	+ 4,62

1) Aus der ersten Doppelkolonne sieht man das rasche Fallen und darauffolgende Steigen der Potentialwerte, entsprechend der Oxydation des Bleis (s. § 3 Bemerk. 2) und dem Schutze durch die schon bestehende Oxydhaut (s. § 3 Bemerk. 4).

2) Die zweite bis fünfte Doppelkolonne zeigt dagegen eine bedeutende Zunahme und dieser entsprechend auch beträchtlichere Schwankungen als beim Fe (s. § 3 Bemerk. 5).

Digitized by Google

3) Interessant ist besonders noch die gegenseitige Abwägung der Blei- und Eisenwerte an den einzelnen Tagen, indem dadurch eine Aufklärung über die schwankende Stellung dieser beiden Metalle in der Spannungsreihe sich darbietet:

	Fe_1	Fe_2	Pb_1	Pb_2
Anfänglich:	5,28	4,52	2,64	2,08
Die niedersten Werte sind (ohne Behandlung C):	2,32	2,31	1,91	1,74
Am 23. März z. B.:	2,49	2,42	3,90	3,83
und ähnlich an den folgenden Tagen. Dagegen am 4. Mai, man sehe die beiden fünften Doppelkolonnen:	6,46	7,07	5,35	5,48

Also zuerst und zuletzt steht Fe höher wie Pb, dazwischen umgekehrt.

Bei der Behandlung C entsprechen alle oben angegebenen Wertpaare des Eisens der Zeit nach denjenigen des Bleis hinsichtlich der Messungstage vom 30. März bis 7. April; man sieht, dass das Eisen zwischen 2 und 3, Blei zwischen 3 und 5 ungefähr schwankt.

Dasselbe Entsprechen gilt für die Behandlung A, und zwar vom 22. bis 28. April. Aber beide Metalle schwanken hier zwischen 4 und 5. Schliesslich steht aber doch das Eisen wieder höher als das Blei.

Dasselbe Resultat stimmt mit den in den Lehrbüchern reproduzierten Spannungsreihen überein, wie z. B. Pfaundler in der 8. Auflage des J. Müller'schen Buches Bd. 3 § 80 die vier Spannungsreihen nach Volta, Seebeck, Pfaff, Pictet angiebt, welche hinsichtlich der Reihenfolge

Zink, Blei, Eisen

übereinstimmen. Seebeck allein hat auch das polierte und das rauhe Blei unterschieden und zwar in der Reihe

Zink, Blei poliert, Zinn, Blei rauh, Eisen

(abgesehen von andern inzwischen und am Ende angeführten

Digitized by Google

Metallen). Dies widerspricht der chemischen Theorie in ferne, als eine gute Politur das Metall gegen Auf von O schützt, das Metall „edler" macht, wie auch Resultat vom 18. März aufweist. Dagegen spricht da sultat vom 4. Mai mit Pb_3 und Pb_4 für Seebeck, d. h. zeigt, dass man diese „Politur" bei den wie gesagt schwan den Umständen des Bleis nicht immer in seiner Gewalt und dass die Nachfolger Seebecks gutthaten, diesen Unt schied des polierten und rauhen Bleis aus der allgemei Spannungsreihe der verschiedenen Metalle wegzulassen. Is umsomehr, als auch, wie wir soeben zeigten, das Blei u das Eisen sogar ihre Stellen in dieser Spannungsreihe v tauschen können[1]).

§ 5. Kupfer.

Cu_1 anfänglich poliert, Cu_2 rauh;

aber bei diesem sozusagen halbedlen Metalle zeigt sich a fangs kein Unterschied zwischen polierter und rauher Ob fläche. Immerhin sind dann Cu_1 und Cu_2 doch zwei ve schiedene Exemplare eines und desselben Metalles. Vergl auch noch die Anmerkung am Schlusse dieser Abhandlung pag. 218.

Am 13. März war

Cu_1	$Zn = +$ 9,90 Skalenteile	Cu_2	$\|Zn = +$ 9,9
1 Stunde später	9,77		10,0

Durch Vergleichung mit dem Ausschlage eines Kittler schen Normalelementes an diesem Tage entsprechen die Resultate sehr nahe

0,90 bis 0,94 Volt.;

Serpieri reproduciert in seinem Buche „das elektrische Pe

1) Vergl. auch den im § 3 angegebenen Grund zur Anstellung der Messungen am 4. Mai, die Empfindlichkeit des Apparates vor und nach der Revision desselben betreffend, wobei auf die Politur des Pb_3 weniger Sorgfalt verwendet wurde.

Digitized by Google

ıtıal" für die bekannte „Kontakt"grösse Zn|Cu die Zahl '5 Volt.; Hallwachs citiert die Zahl von Clifton Zn|Cu 0,86 und die seinige 0,84. S. Wiedemanns Bd. 29 (1886).

Dies mit frischen Kupferdrähten; wenn man aber dieıben wie im § 3 und 4 in den darauffolgenden Tagen iederholt misst, so zeigte sich vom 14. März ab:

Cu_1	Cu_2	Cu_1	Cu_2	Bemerk.
+ 10,06	+ 9,95	+ 7,16	+ 7,72	A
7,66	7,65	7,24	7,54	B
7,10	6,95	6,70	6,85	A
6,98	6,46	6,50	6,50	C
7,64	7,21	6,41	6,12	„
7,90	7,69	9,48	9,55	„
8,30	7,88	6,76	6,63	„
6,30	6,26	6,59	6,60	„
6,56	6,78	6,83	6,77	„
6,44	6,64	6,80	6,71	„
7,15	6,90			
7,48	7,27			

Cu_1	Cu_2	Cu_1	Cu_2	Bemerk.
+ 6,96	+ 7,13	+ 7,74	+ 8,18	A
9,40	9,33	8,47	8,47	„
7,32	7,32	8,52	8,87	„
7,05	7,29	8,36	8,54	„
7,11	7,22	8,47	8,33	„
7,07	7,59	8,41	8,47	„

4. Mai:

Cu_1	Cu_2	Cu_3	Cu_4
+ 10,43	+ 10,42	+ 9,22	+ 9,48

Die Potentialdifferenz Cu‖Zn fällt also von 10 innerhalb eines Tages auf weniger als 8 herab und zeitweise auch weniger als 7 Skalenteile (Doppelcentimeter); $9\frac{1}{2}$ wird sie einmal bei der Behandlung C und auch nochmal in der dritten Doppelkolonne; in der vierten steht sie ziemlich fest auf $8\frac{1}{2}$.

Digitized by Google

Es sind diese Variationen auch ziemlich parallel denjenigen der in den vorausgegangenen Paragraphen aufgeführten Eisen- und Bleiwerte, was mit der gleichmässigen Behandlung und gleichzeitigen Messung dieser Doppelelemente seine Erklärung findet.

Wegen des 4. Mai vergleiche ebenfalls die früheren Paragraphe.

§ 6. Zink.

Zn_1 anfänglich poliert. Zn_2 rauh, aber blank.

Auch mit diesen wurden gleichzeitig und gleichartig die in § 3—5 erwähnten Messungen angestellt, welche aber hier übergangen werden, da sich Zn_1 und Zn_2 gegenüber dem Normal-Zn bald positiv, bald negativ zeigten.

Es wurden deshalb später noch folgende Messungen angestellt:

Zeit	Zn_1 | Zn	Zeit	Zn_2 | Zn
9. Mai	+ 0,14	13. Mai	+ 0,39
5′ später	— 0,92	5′ später	— 0,09
„	— 1,25	„	— 0,25
„	— 1,33	„	— 0,41
„	— 1 39	„	— 0,50
„	— 1,36	10′ später	— 0,53
„	— 1,45	„	— 0,59
5′ an der Luft	— 0,78	15′ später	— 0,46
10. Mai	— 0,42	25′ später	— 0,22
6h später	+ 0,18	14. Mai	+ 0,66
30′ an der Luft	+ 0,76	16. Mai	+ 0,82
1h „ „ „	+ 0,88	17. Mai	+ 0,55
11. Mai über Nacht in Luft	+ 0,49		

Wo keine Bemerkung gemacht ist, war das Versuchsmetall Zn_1 oder Zn_2 vor der Messung in Wasser gelassen worden, während das Normal-Zn vor und nach jedem Versuch, wie schon bemerkt worden, frisch poliert wurde.

Digitized by Google

Der Verlauf dieser Zahlen ist bei beiden Zinkproben derselbe und auch mit den § 3—5 darin übereinstimmend, dass der Potentialwert anfänglich sinkt und dann wieder steigt. Dies muss sich hier natürlich auch durch das Vorzeichen ausdrücken. Die Amplitude der Schwankungen ist bei Zn_1 grösser als bei Zn_2, wobei man nur die negativen Zahlen ins Auge fassen möge, da die positiven bei beiden, wie man den schwankenden Umständen gemäss sagen darf, als gleich angesehen werden dürfen. Dieser Umstände wegen setzten wir die Beobachtungsreihen auch nicht mehr weiter fort. Am polierten Zink haftet die Oxydschichte nicht so gut wie am rauhen, daher der geringere Schutz gegen weitere Oxydation und das stärkere Sinken ins Negative.

Bezüglich der Raschheit dieses Verlaufes steht das Zink unterhalb des Bleies und oberhalb des Eisens; das lange Feststehen des Kupfers ist schon erwähnt worden.

Die Edelmetalle.

§ 7. Gold (absolut fein).

Von reinem Golde, ohne Beimengung eines anderen Metalles, lieferte uns Herr Goldschläger Müller dahier ein Stück, in Bandform, von welchem wir zwei Proben den folgenden Versuchen unterwarfen:

Au_1 Au_2

(Völlig gleiche Oberfläche).

Vom 18. März bis 28. April erhielten wir schwankende, aber allmählich ansteigende Potentialwerte Au | Zn von 6 bis 9,3 Skalenteilen, meist nahe dieselben für Au_1 und Au_2. Wenn an eine Oxydation (bezüglich der niederen Werte) hier nicht zu denken ist, so kann die Adhäsion[1]) des O am Au des letzteren Potentialwert beeinflussen. Wir machten deshalb noch folgende Versuche:

1) Hierüber eine Notiz in den Beiblättern zu Wiedem. Ann., Bd. 11, 1887, S. 217.

Digitized by Google

	Au_1 Zn		Au_2 Zn
5. Mai; in Wasser gewesen	+ 10.75	Wie links	+ 11.30
		Im Wasser gewesen . .	10.64
Mit elektrolytischem O (in Wasser)	15,73	10′ an der Luft gewesen	10.65
15′ später	15,81		
6. Mai; in d. Luft gewesen	15,07	Ebenso wie links . . .	11.26
		25′ im Wasser gewesen .	10.64
7. Mai; wie am vorig. Tage	14,89	Ueb. Nacht i. Wasser gew.	11.11
		Mit H beladen	10.19
9. Mai; in d. Luft gewesen	13.14	Wie links	10.23
10. Mai; „ „ . .	12,08	„ „	10.41
Geglüht in der Weingeistflamme	10,30	„ „	10.34
Mit O beladen	19,85	Mit H beladen, 5′ später	9.98
11. Mai; über Nacht im Wasser gewesen . .	14.02	Wie links	11.20
12. Mai; über Nacht im Wasser gewesen . .	12,41	„ „	11,26
Mit O beladen . . .	18,96	Mit H beladen, sogleich	9.49
13. Mai; über Nacht in der Luft gewesen . .	15,55	Wie links	10.39
14. Mai; über Nacht in der Luft gewesen . .	14,66	„ „	10.40
16., 17., 18., 20. Mai; über Nacht in d. Luft gew.	14,40	„ „	10,31
	13,55		10,17
	12,38		10,18
	11,25 (1.20 Volt.)		10.41 (1,11 Volt.)

Bemerkenswert ist hienach die unseres Wissens noch nicht bekannte[1]) Eigenschaft des Goldes, in so hohem Grade (Verdoppelung des Potentialwertes von Au_1) den O anzuziehen und gefesselt zu halten (längere Zeit $\frac{3}{4}$, $\frac{1}{2}$ des Potentialwertes behaltend); im Wasser geht dieses Herabsinken

1) S. Fromme, über die elektromotorische Kraft der aus Zn, H_2SO_4 und Pt, resp. Cu, Ag, Au und C gebildeten galvanischen Combinationen, Wied. Ann., Bd. 12, 1881, S. 399—425, und unsern folgenden Absatz oben.

Digitized by Google

des gesteigerten Wertes rascher vor sich als in der Luft, weil das Wasser auch den O schluckt.

Auch das mit H beladene Au_2 entledigt sich des H im Wasser schneller als in der Luft, daher das raschere Steigen des betreffenden Potentialwertes; die Amplitude des Goldpotentiales bei der Mitwirkung des H ist viel geringer als die vorhin genannte beim O, nemlich von 10,3 auf 9,5 Skalenteile; von letzterem Werte steigt das Potential wieder zu 10,3 (geglühtes Gold) in der Luft, aber zu 11,3 im Wasser, von welchem das Gold offenbar O aufnimmt (siehe auch den Anfangswert von Au_2). Der Wert 10,3 wurde am 10. Mai bei Au_1 und Au_2 beobachtet und kann wohl als dem Au ohne O und ohne H zugehörig angesehen werden.

Wo der Angabe der Potentialdifferenz in unserer Versuchstabelle die Voltzahl beigesetzt wurde, war eine Messung des Kittler'schen Normalelementes eingeschaltet worden, welch letzteres zu 1,185 Volt. angenommen wurde. Eine Zusammenstellung dieser Kittler-Messungen soll im § 11 geschehen.

Fromme beobachtete (§ 8 der in Anmerkung pag. 210 citierten Abhandlung):

im H freien Gefässe die Ablenkung	86,2	87,6	185,9
„ „ haltigen „ „ „	81,0	78,0	180,5
„ „ freien „ „ „	84,1	83,6	181,3

wobei die Drähte 1—3 Minuten in der H haltigen Säure geblieben waren, und bemerkt dazu:

„Au verdichtet ebenfalls etwas H und es nimmt dadurch seine elektromotorische Kraft in Schwefelsäure ab. Zeigt Au, wenn es später wieder in H freie Schwefelsäure gebracht wird, noch einen Teil dieser Abnahme, so beweist dies, dass eine katalytische Macht, wie sie das Pt besitzt, dem Au abgeht". (Schluss des § 8.)

Noch deutlicher spricht sich darüber Fromme schon im § 4 aus, nemlich „dass Pt auf in der H_2SO_4 gelösten H

Digitized by Google

stark, Au viel weniger, und Kohle, Ag und Cu wahrscheinlich gar nicht einwirken. Vom Pt ist dies längst bekannt. . . . Dass Au mit einer ähnlichen, jedoch minder starken Kraft begabt sei, ist meines Wissens nicht konstatiert, dass sie aber bei gewissen Kohlenstücken ganz fehlt, ist auch von Beetz beobachtet worden."

Nach unseren Beobachtungen über das Verhalten des Au zum O sind aber zunächst die von Fromme mitgeteilten Messungsresultate hieraus zu erklären: die von ihm benützte H_2SO_4 war nicht O frei, daher in der 1. Zeile die grössten Ablenkungen; wurde dann das Au in H haltige Flüssigkeit gebracht, so mussten die Zahlen der 2. Zeile kleiner ausfallen, indem das Au seinen O abgab, und sie mussten in der 3. Zeile wieder steigen, wegen neuer O-Aufnahme. Dass sie nicht bis zu den Beträgen in der 1. Zeile stiegen, kann allerdings auch teilweise einem noch zurückgebliebenen Reste von H zugeschrieben werden, bleibt aber bei der kurzen Zeitdauer jener Versuche unentschieden; nach unseren Versuchen ist dies wahrscheinlicher.

Immerhin ist diese physikalische Verwandtschaft des Au zum O gross, zum H aber klein.

§ 8. Silber.

Der Verkäufer dieses Drahtes gab einen Gehalt von 5% Cu an.

Am 22. April ward die Potentialdifferenz Ag Zn — 8,32 im destillierten Wasser beobachtet;

„ 23.	„	nachdem der Draht im Wasser geblieben war:	9,17
„ 25.	„	„ „ „ „ „ „ „ „	9,07
„ 26.	„	„ „ „ „ „ „ „ „	9,34
„ 27.	„	„ „ „ „ „ „ „ „	8,88
„ 28.	„	nachdem der Draht in der Luft geblieben war:	9,41

Hernach wurde die in § 3 zuerst erwähnte Revision des Elektrometers vorgenommen und die Beobachtung auch mit Ag fortgesetzt, in zwei Proben Ag_1 und Ag_2, wobei

Digitized by Google

Ag_1 das vorige und Ag_2 ein neues Stück jenes Drahtes bedeuten.

Ag_1	Ag_2
5. Mai; im Wasser gewesen 11,32	Wie links 10,17
in der Weingeistflamme geglüht 9,91	
in d. Bunsenflamme geglüht bis z. Anfang d. Schmelzens 10,50	
Mit O beladen 12,75	Wie links 11,09
7. Mai; in der Luft gewesen 12,58	
	Mit H beladen 9,69
9. Mai; in der Luft gewesen 11,99	Wie links 9,77
10. „ „ „ „ „ 12,13	„ „ 10,13
in der Weingeistfl. geglüht 9,94	„ „ 10,68
11. Mai; in der Weingeistflamme geglüht . . . 9.80	Wie links; das Resultat war noch grösser als 9,80.
in frischem dest. Wasser gemessen 11,68	Wie links 12,11
Dieses Wasser war also vielmehr O haltig.	
In der Weingeistfl. geglüht 11,24	Wie links 11,24
Jetzt sind beide Werte gleich.	
12. Mai; i. Wasser geblieben 11,42	Wie links 11,24
Auch noch nahe einander gleich.	
Mit O beladen 13,72	Mit H beladen 9,91
13. Mai; in der Luft gewesen 11,74	Wie links 9,55
	Also nicht $> 9{,}91$; wahrscheinlich vom Kupfergehalte herrührend, während beim Ag_1 das Cu an der Oberfläche durch den O weggefressen worden war.
14., 16., 17., 18., 20. Mai; jeweils in der Luft gewesen; die Potentialdifferenz fiel herab bis 10,6	Wie links; die Potentialdifferenz kam auf . . . 9,3 und zuletzt wieder . . 9,7
3. Juni; seither in der Luft geblieben 10,89	Wie links 10,65
30′ mit O beladen . . 12,58*	30′ mit H beladen . . . 8,14
4. Juni; i. Wasser geblieben 11,06	Wie links 9,56
6. „ „ „ „ 10,66	„ „ 10,46

* Bei der Elektrolyse sah man eine blaugraue Wolke in gerader

Digitized by Google

Fortsetzung des Drahtes zum Boden des Wassergefässes reichen; nach dem Herausnehmen wurde der Draht vom CuO mit Smirgelpapier gereinigt und ins Ag_1 Zn-Element gesetzt. Bei Ag_2 musste durch die Elektrolyse neben dem H auch Cu auftreten, welches beim Abreiben mit Filtrirpapier dieses schwarz färbte.

Discussion: Die O-Katalyse ist beim Ag nicht so beträchtlich wie beim Au, wenn anders der Cu-Gehalt und das erwähnte Abreiben infolge desselben die reinen Ag-Zahlen nicht zu sehr beeinträchtigen.

Dagegen ist die H-Katalyse beim Ag beträchtlicher als beim Au; hiebei konnte der Cu-Gehalt und das Abreiben nicht so grossen Eintrag thun. In Bezug auf H steht also Ag zwischen Au und dem in dieser Hinsicht bekannten Pt, welches unsere nächsten Paragraphen bilden wird.

Vielleicht werden wir später einmal auch noch reinen Ag-Draht in Untersuchung nehmen.

§ 9. Platin.

Pt_1 (käuflicher Draht)	Pt_1 Zn	Pt_2 (wie links)	Pt_2 Zn
14. Mai: in Wasser gewesen	11.15	Wie links	9.93
„ „ „	11.69	„ „	10.38
geglüht in der Weingeistflamme	10.24	„ „	10.58
16. Mai: Geglüht i. d. Weingeistflamme 9.98 (1.05 Volt.)		„ „	10.10
mit O beladen	17.66		
in Luft geblieben	11.15	„ „	9.93
20′ später (i. Wasser gebl.)	11.96	„ „	10.38
geglüht in der Weingeistfl.	10.24	„ „	10.58
		Mit H beladen	6.86
17. Mai: in Luft geblieben (1.14 Volt.)	12.27	Wie links	8.25
18. Mai: in Luft geblieben	10.74	„ „	8.71
mit O beladen	14.74	Mit H beladen	7.68
21. Mai: i. Wasser gebieben	10.88	Wie links	9.50

Digitized by Google

Pt_1 (käuflicher Draht)	Pt_1. Zn	Pt_2 (wie links)	Pt_2 Zn
23. Mai; i. Wasser geblieben	10,56	Wie links	9,89
mit O beladen	18,72	Mit H beladen	8,01
24. Mai; in Luft geblieben	13,74	Wie links	8,56
25.—28 Mai „	13,08	„ „	9,29
	12,76		9,08
	11,91		9,03
	11,72		9,33

Im Zusammenhalte mit dem über das Au und Ag (§ 7 und 8) Gesagten ersieht man hieraus, dass das Pt in Bezug auf den O das Au nicht ganz erreicht und viel kräftiger wirkt als das Ag,

während in Bezug auf den H jene drei Metalle die aufsteigende Reihe bilden: Au, Ag, Pt.

Bezüglich der beigeschriebenen Voltzahlen gilt das im vorletzten Paragraphen Gesagte. Die 1,05 Volt. vom 16. Mai stimmen mit der Angabe von Hallwachs 1,03 überein (l. c.).

§ 10. Quecksilber

im Clark'schen Glase, unter destilliertem Wasser, in welches der Normalzinkdraht tauchte (die positive Elektrizität also mittels Platindrahtes zum Elektrometer geführt).

Von 4. bis 27. April wurde 15mal die Potentialdifferenz gemessen, welche anfänglich von $6\frac{1}{2}$ Skalenteilen (Doppelcentimetern) anstieg und sich schliesslich über 9 erhob, mit Schwankungen, von denen nur das Maximum 9,9 am 25. April genannt werden soll.

Nach der schon erwähnten Revision der Ladungssäule begann die Potentialdifferenz am 3. Mai mit dem hiedurch schon erklärten höheren Werte 11,8 und fiel am 31. Mai auf 10,87 (Kittler war an diesem Tage ebenso stark);

am 4. Juni erwärmten wir das Quecksilber auf nahe 40° und erhielten 11,44;

Digitized by Google

am 6. Juni war die Potentialdifferenz bei der Zimmertemperatur 16° wieder 10,82;
„ „ „ bei der Temperatur 0° (mit Eis umgeben) 11,47;
„ 7. „ nachdem das Quecksilber tags vorher gekocht worden 9,59;
„ „ „ 50 Minuten später wieder 10,02;
„ 8. „ kam die Potentialdifferenz wieder auf den Wert 10,84;
„ „ „ mit H beladen (3 Chromsäure-Elemente) 9,53;
„ 10. „ stieg die Potentialdifferenz auf . . . 10,53;
„ „ „ mit H beladen, mittels 8 Chromsäure-Elemente und 1¼ Stunde lang 8,67;
„ 11. „ stieg die Potentialdifferenz auf . . . 10,15;
„ „ „ gerade so mit O beladen (gelbliche Oxydhaut sichtbar) 11,79;

am 13. bis 15. Juni schlossen wir diese Beobachtungen mit den Werten 10,8 bis 10,6 ab.

Um die Ideen zu fixieren, mögen aus dieser Liste noch folgende Werte herausgehoben werden:

Quecksilber gekocht zeigt:	9,6	Skalenteile,	d. i. etwa der Normalwert;
in gewöhnl. Zustande:	10,8	„	d. h. es hat O aus dem Wasser angezogen;
mit O künstlich beladen:	11,8	„	diesen Ueberschuss gibt es wieder ab;
mit H beladen:	8,7	„	dieses Gas geht bald wieder fort.

In Bezug auf den O stehen die vier Metalle in der Reihenfolge

Au, Pt, Ag, Hg;

in Bezug auf den H dagegen

Pt, Ag, Hg und Au nahe gleich.

§ 11. Aichung unseres Elektrometers (sammt Ladungssäule).

Vom 16. Mai ab wurde fast täglich auch das Kittler'sche Normal-Element gemessen. Es ergaben sich anfangs hiebei

Digitized by Google

nahe 11 Doppelcentimeter als zweiseitiger Ausschlag, welche im Juni auf $10\frac{1}{2}$ sich minderten. Ob an dieser Minderung die höher gewordene Temperatur oder eine Abschwächung der Ladungssäule schuldträgt, kann vorläufig noch nicht näher angegeben werden.

Rechnet man den Kittler zu 1,2 Volt., so kann also 1 Doppelcentimeter solchen Ausschlages als 0,11 Volt. ungefähr angenommen werden.

Einigermassen kann die vorhin geäusserte Frage doch noch beleuchtet werden durch die Messungen, die wir seit dem Anfange des Juni mit einem von uns einstweilen als hypothetisches Normal bezeichneten Elemente anstellen, nemlich mit:

Oxydiertes Eisen | Destilliertes Wasser | Oxydiertes Zink,

die Metalle in der angegebenen Drahtform, das Wasser unter Luftabschluss seit einem Vierteljahre. Dasselbe gab

3,6 bis 3,5 (zuletzt)

Doppelcentimeter, scheint sich also jetzt konstanter zu verhalten als das Kittler'sche Normal, welches jeweils mit zwei frischen Flüssigkeiten von der vorschriftsmässigen Zusammensetzung gefüllt und dessen Zink auch zuweilen frisch amalgamiert wurde.

Nehmen wir aus der vierten Doppelkolonne des § 2 den Wert + 4 für das Eisen und aus den beiden Doppelkolonnen des § 6 den Wert $+\frac{1}{2}$ für das genannte Zink, wo beide mit dem (jeweils geputzten) „Normalzink" beziehungsweise zu einem Doppelelemente verbunden waren, so erhalten wir auch die in den letzten Tagen gemessene Potentialdifferenz

$3\frac{1}{2}$.

Weitere Prüfung der Constanz dieses Doppelelementes behalten wir uns vor.

Digitized by Google

§ 12. Ergebnisse.

Unedle Metalle: 1) Die Politur erhöht den Potentialwert, schützt also mehr vor der Oxydation als die rauhe Fläche.

2) Durch die Oxydation wird die Oberfläche im vorigen Sinne rauher, der Oxydationsprocess energischer, der Potentialwert erniedrigt.

3) Bei einer gewissen Stärke der Oxydhaut wirkt diese letztere auch als Schutzmittel gegen die weitere Oxydation, der Potentialwert wird erhöht und überschreitet sogar nicht unbeträchtlich den in 1) besprochenen Anfangswert.

Edle Metalle: Dieselben nehmen O durch Adhäsion und Condensation auf; sonst würden sie sich in der Flüssigkeit elektrisch indifferent erweisen, d. h. das Potential der Flüssigkeit annehmen. Vermöge jener Eigenschaft aber erhalten auch sie, wie die unedlen Metalle, ein negatives Potential, das allerdings, vom Zeichen abgesehen, viel kleiner ist als bei den unedlen Metallen.

Es mag zur leichteren Uebersicht erlaubt und zweckmässig erscheinen, dies in einstweiligen runden Zahlen darzustellen

Ag	Au	Pt	Hg	Cu[1])	Fe	Pb	Zn
$11\frac{1}{4}$	$10\frac{1}{3}$	$10\frac{1}{3}$	$9\frac{1}{2}$	$9\frac{1}{2}$	$5\frac{1}{3}$	$2\frac{1}{3}$	0

wobei die Reihe der chemischen Elemente die „Spannungsreihe" der physikalischen Lehrbücher darstellt. Die beigesetzten Zahlen bedeuten Doppelcentimeter wie in den Tabellen unserer Abhandlung, welche gemäss § 11 je 0,11 Volt. darstellen.

Die Zahlen der edlen Metalle gelten für den geglühten Zustand; im Wasser steigt deren Potential durch Aufnahme

1) Bei neueren Untersuchungen, über die wir uns das Weitere vorbehalten, hat sich gezeigt, dass auch das Cu, wenn es geglüht und sofort poliert und untersucht wird, O aufnimmt und kondensiert.

Digitized by Google

von O; sind sie dagegen vorher künstlich mit O beladen worden, so geben sie im Doppelelemente O ab, beziehungsweise nehmen H auf und das Potential wird positiv.

Durch H-Beladung dagegen wird das Metall gieriger nach O, so dass dessen Potential sinkt, dem Potentialwerte des Zn sich nähert.

Die Gier nach O macht negativ, das Gegenteil positiv.

Um diese negative Natur der Potentialwerte der Metalle in der Flüssigkeit auch in der obigen Reihe hervortreten zu lassen, darf man nur den Nullpunkt des Pegels verrücken und wir wollen uns zu diesem Zwecke ein Ag denken, welches O weder annähme noch abgäbe und den Potentialwert desselben gegen das polierte Zn gleich + 12 in der obigen Reihe hätte. Zieht man also die Zahl 12 von den acht Zahlen der vorigen Reihe ab, und erweitert man dieselbe noch mit den aus den §§ 7 bis 10 entnehmbaren Werten für die mit O und H beladenen Edelmetalle, so kommt:

Au,O	Pt,O	Ag,O	Hg,O	Ag	Au	Pt	Ag,H
$+8$	$+6\frac{3}{4}$	$+1\frac{3}{4}$	$-\frac{1}{4}$	$-\frac{3}{4}$	$-1\frac{2}{3}$	$-1\frac{2}{3}$	$-2\frac{1}{4}$
Au,H	Hg	Cu	Hg,H	Pt,H	Fe	Pb	Zn
$-2\frac{1}{2}$	$-2\frac{1}{2}$	$-2\frac{1}{2}$	$-3\frac{1}{4}$	$-5\frac{1}{4}$	$-6\frac{2}{3}$	$-9\frac{1}{2}$	$-12.$

Wegen der weiteren Ergebnisse darf auf die am Ende der einzelnen Paragraphe geschehenen Diskussionen hingewiesen werden.

Nachtrag bei der Korrektur: Zum Vergleiche unserer Reihe Seite 218 mit der von Hankel (Pogg. Ann. Bd. 126 und 131) angegebenen lassen wir diese noch folgen, so dass die Namen nach unserer Reihenfolge, die Zahlen aber nach Hankel angegeben sind:

Ag	Au	Pt	Hg	Cu	Fe	Pb	Zn
118	110	123	81	100	84	44	0.

Digitized by Google

Digitized by Google

Die miocänen Ablagerungen im oberen Donaugebiete und die Stellung des Schliers von Ottnang.

Von Dr. C. W. v. Gümbel.

(Eingelaufen 2. Juli.)

Erster Theil.

Zwischen dem Nordfusse der Alpen und den nördlich der Donau ansteigenden Gebirgen — dem schwäbisch-fränkischen Jura und dem ostbayerischen Urgebirge — breitet sich eine verhältnissmässig abgeflachte, ebene oder hügelige, nur in dem südlicheren Theile bis zu ansehnlichen Bergen sich erhebende, weitausgedehnte Landschaft aus, welche man im grossen Ganzen als das Flachlandgebiet der mittleren Donau und ihrer südlichen Nebenflüsse auffassen kann.

Man pflegt dieses grosse vertiefte Alpenvorland gemeinhin als bayerisch-schwäbische Hochebene zu bezeichnen. Es scheint jedoch den natürlichen Verhältnissen besser zu entsprechen, für dasselbe die Benennung oberes Donaubecken zu verwenden.

Dieses Voralpenland bildet einen Theil jener grossartigen dem Hochgebirge nördlich angeschlossenen Eintiefung, welche im Osten erst an der Einengung zwischen dem Urgebirgsvorsprung bei St. Pölten und den Alpenvorbergen des Wiener Waldes, gegen Westen hin aber endlich da einen näheren Abschluss erhält, wo das Juragebirge und die jurassischen Ausläufer der Alpen am Genfer See sich begegnen.

Dieses nördliche Vorland der Alpen wird so ausschliesslich von tertiären — allerdings auf ausgedehnten Strecken

Digitized by Google

noch von jüngeren quartären Ablagerungen vielfach bedeckten und verhüllten — Schichten der oligocänen, miocänen und vielleicht auch noch der pliocänen Zeit ausgefüllt, dass man dieses stark eingetiefte Gebiet mit Recht als grosses Tertiärbecken betrachten kann.

Ueber die östlich näher abgrenzende Enge bei St. Pölten hinaus setzt dieses Tertiärgebiet in dem wieder erweiterten Tullner Becken fort und steht dadurch mit dem jenseits nördlich der Donau zwischen Urgebirge und Manhardsberg eingebuchteten sog. Horner Becken, welches man auch als den ausseralpinen Theil des Wiener Beckens zu betrachten pflegt, in mittelbarer Verbindung.

Durch dieses wird zugleich eine weitere Beziehung zu dem eigentlichen oder alpinen Wiener Becken und den tieferen SO. europäischen Tertiärterritorien vermittelt.

Auch westwärts über den Genfer See hinaus findet ein direkter Anschluss an die nur eine tiefer gelegene Stufe bildende, gleichfalls tertiäre Bucht der Rhone statt. Es vollzieht sich daher innerhalb des engeren oberen Donaubeckens eine geologisch wichtige Scheidung zwischen dem ferneren Osten und Westen. Der eben geschilderte Zusammenhang unseres Gebietes mit diesem Osten und Westen lässt schon von vorherein vermuthen, dass sich in dem zwischen beiden liegenden oberen Donaubecken Anklänge nach beiden Richtungen hin bemerkbar machen werden.

Dieser Umstand ist es in erster Linie, welcher den Tertiärbildungen unseres Gebiets ein ganz besonderes Interesse verleiht, auch wenn wir von der gewiss bemerkenswerthen Thatsache ganz absehen, dass dieses Becken sich durch die Mannigfaltigkeit der hier vorkommenden Tertiärablagerung und durch die fast ununterbrochene Schichtenaufeinanderfolge von den Eocänbildungen an bis zu den pliocänen Sedimenten auszeichnet.

Digitized by Google

Ein nicht geringeres Interesse knüpft sich auch an die topographische Stellung, welche dieses mitteldanubische Alpenvorland dadurch gewinnt, dass dasselbe die oberste höchste Stufe der in mehrfachen tieferen Einzelnbecken sich absenkenden Donautiefländer einnimmt und eine geologisch alte Hauptwasserscheide zwischen einem Ost- und Westwasserabfluss zur Tertiärzeit in sich schliesst. Es ist eine wichtige Aufgabe, durch die Schilderungen der geologischen Verhältnisse klar zu legen, wie und wann sich die Scheidung der Wasserrinnsale zwischen dem Donau-, dem Rhein- und dem Rhone-Becken in diesem höchst gelegenen Theil der grossen Voralpeneintiefung nach seiner Trockenlegung vollzogen hat, wobei noch ganz besonders bemerkenswerth erscheint, dass nur der eine, nämlich der den Alpen angeschlossene Rand des Beckens mit den hier abgesetzten Schichten von den grossartigen Bewegungen noch miterfasst wurde, welche die Alpenkette selbst in so gewaltiger Weise aufgerichtet und zusammengefaltet hat.

Es sind demnach sowohl rein geologische, wie topographische Verhältnisse, welche der genaueren Untersuchung der hier zur Ablagerung gelangten Schichten, insbesondere der jüngeren Tertiärgebilde ein erhöhtes Interesse verleihen.

Einige allgemeine Bemerkungen über das Vorkommen dieser Tertiärgebilde überhaupt dürften zur Orientirung und als Einleitung in die späteren speziellen Schilderungen hier eine passende Stelle finden.

Die älteren Tertiärschichten sind im oberen Donaubecken nur am eigentlichen Alpenrande bekannt, wo sie in gleicher Weise, wie die noch älteren mesolithischen Ablagerungen von den das Hochgebirge zusammenfaltenden Bewegungen mit ergriffen worden sind. Das gilt sowohl von den alteocänen Nummulitenschichten, welche Zeitäquivalente des Pariser Grobkalks sind, und von den Repräsentanten der Bartonstufe, welchen die sandigen Absätze

Digitized by Google

von Reit im Winkel und von Reichenhall entsprechen, wie von dem altoligocänen Flysch, welcher in einem fast ununterbrochen fortlaufenden hohen Vorgebirge zumeist den Rand und den Abschluss der Kalkalpen überhaupt ausmacht. Zunächst an dem Hochgebirgsrand angelehnt nimmt die grösstentheils schon ausserhalb der eigentlichen Alpen ausgebreitete, aber ihnen eng angeschlossene, stark zusammengefaltete mittel- und oberoligocäne Molasse, welche in den tieferen Lagen eine marine Fauna (untere Meeresmolasse), in den jüngeren Schichten aber eine brackische und zum Theil limnische Fauna (Cyrenenschichten und untere Süsswassermolasse) beherbergt, ihre Stelle ein. Auch die nächst jüngeren Ablagerungen, welche bereits der miocänen Schichtenreihe angehören, sind noch von den grossartigen Bewegungen des Hochgebirgs theilweise wenigstens betroffen worden. Wir werden später eingehender ausführen, dass diese Schichtenstörungen sich jedoch ausschliesslich auf denjenigen Theil der miocänen Ablagerungen beschränken, welche sich den oligocänen Bildungen direkt anschliessen und an dem südlichen, den Alpen benachbarten Rande des Beckens vorkommen.

Am gegenüberstehenden Fusse des schwäbisch-fränkischen Jura und des bayerisch-oberösterreichischen Urgebirgs dagegen liegen die gleichalterigen Schichten horizontal ausgebreitet und es ist hier kein Grund zur Annahme gegeben, dass sie irgend eine wesentliche Verrückung in ihrer Lage seit der Zeit ihres Absatzes erlitten haben.

Die ältesten, am Nordalpenrande bekannten Tertiärgebilde, welche Zeitäquivalente des Pariser Grubkalks, in den tiefsten Lagen vielleicht von noch etwas höherem Alter sind, erreichen, soweit sich dies an ihrem jetzigen, durch spätere Zerstörungen freilich vielfach reducirtem Vorkommen erkennen lässt, das Maximum ihrer Entwicklung im Westen. Oestlich vom Rhein begegnen wir nur mehr

Digitized by Google

einzelnen, in tieferen Einschnitten und Ausbuchtungen erhaltenen Resten derselben, wie bei Dornbirn, am Grünten, im Isarthale bei Tölz, im Innthale bei Rosenheim, im Trannthale bei Eisenerz, am Kressenberge und am Fusse des Untersberges bei Reichenhall. Noch weiter nach Osten tauchen nur mehr einige wenige Schollen, z. B. die von Salzburg, bei Mattsee und im Gschliefgraben bis zu Tag empor.

Nach dem Wiener Wald zu verlieren sich auch diese Spuren fast gänzlich. Wir müssen aus diesen Vorkommnissen schliessen, dass das Nummulitenmeer seine Hauptausbreitung im Westen besass und ostwärts sich beträchtlich verschmälerte.

Ganz ähnlich verhält es sich in Bezug auf die nächst jüngeren obereocänen Ablagerungen, welche in der Schweiz z. B. an den Diablerets noch so reich entwickelt, im Osten nur in abgerissenen Fetzen und Resten bekannt sind und in östlicher Richtung wohl schon am Fusse des Untersberges bereits ihre Endschaft erreicht haben.

Ganz anderen Verhältnissen dagegen begegnen wir bei dem Flysch, dessen Schichtencomplex der Hauptsache nach zur Unteroligän-Stufe vom Alter der Ablagerungen des Gypses vom Mt. Martre gerechnet wird, wohl aber auch vielfach altcretacische Gesteinsbildungen mit in sich fasst.[1]) Derselbe zieht in einer fast ununterbrochenen Zone steil aufgerich-

1) Die Flyschfrage sieht noch einer endgültigen Entscheidung entgegen. Wenn hier der Flysch der Hauptsache nach entsprechend der Auffassung der Schweizer Geologen als zum Unteroligocän gehörig aufgefasst wird, so liegt dies in dem Umstande, dass innerhalb seines Verlaufs durch die bayerischen Voralpen nirgendwo Anhaltspunkte für seine Zutheilung zu irgend einem älteren Schichtencomplexe sich gewinnen liessen und daher die Verhältnisse in der Schweiz als massgebend angesehen werden mussten, obwohl auch hier der innige Verband des Flysches mit den übrigen Kalkalpengliedern eher zu Gunsten einer Zutheilung zu den älteren Sekundärgebilden sprechen würde.

Digitized by Google

teter, oft stark zusammengefalteter, meist dünn geschichteter Mergelgesteine, welche sich nur an einzelnen Stellen auf mehrere parallele Streifen zertheilen, in auffallender Gleichartigkeit der Gesteinsausbildung von den Savoyer Alpen bis in die Karpathen hinein. Dass dieser Flysch eine Ablagerung aus demselben unterbrochen fortlaufenden Meere sei, ist nicht zweifelhaft. Es lässt sich aus seiner eigenthümlichen Gesteinsbeschaffenheit ausserdem schliessen, dass er in der Nähe des Festlandes in einem relativen schmalen Meeresbecken, für welches wir z. B. eine Analogie in der norwegischen Rinne besitzen, abgesetzt wurde. Um so auffallender erscheint es, dass am Rande der Schweizer Jurakette, am Fusse der schwäbisch-fränkischen Alb und des östlichen Vorgebirgs nirgends auch nur eine Spur einer Flyschbildung zu finden ist. Alle diese Verhältnisse weisen darauf hin, dass zur Flyschzeit das Meer in gleicher Weise wie während der ganzen Eocänperiode nicht bis zu den gegenwärtigen Rändern der den Alpen gegenüberstehenden Gebirge gereicht hat.

Der Flysch schliesst sich in seinem Gesammtverhalten weit enger an die Nummulitenschichten als an irgend eine der anderen Tertiärbildungen an und würde, bloss nach seinem Vorkommen am Nordrande der Alpen beurtheilt, naturgemäss wenigstens eher als ein Glied der älteren Tertiärabtheilung als ein solches der jüngeren Schichtenreihe aufzufassen sein.

Zwischen dem Flysch und den nächstjüngeren Sedimentbildungen fehlt es in unserem Gebiete an jeder direkten Vermittelung. Während der Flysch noch als ein eigentliches Glied der Kalkalpenkette betrachtet werden muss und den Kalkalpen als hochaufragender Randrücken nach Aussen zum Abschlusse dient, beginnen die ältesten Molasseschichten — mit wenigen Ausnahmen — erst ausserhalb des Hochgebirgs in meist beträchtlich tieferem Niveau an

Digitized by Google

dessen Fuss sich anzulegen. Man kennt längs dem ganzen Rande unserer Alpen keine Entblössung, in welcher ein unmittelbarer Anschluss der Molasse an Flysch oder eine Continuität der Schichtenfolge zwischen beiden Gebilden zu beobachten wäre. Wird ferner in Betracht gezogen, dass, während der Flysch vom Genfer See an bis zum Wiener Becken und weiter hin einen fast ununterbrochenen Zug ausmacht, während die älteste Meeresmolasse und die ihr folgende Brackwassermolasse (Cyrenenschichten), welche im mittleren Theil des südbayerischen Gebiets so grossartig entwickelt sind, im Osten schon jenseits der Salzach fehlen und auch westwärts bereits in einem Theile Südbayerns gegen das Allgäu zu in eine Facies von vorherrschend aus grossen Ueberfluthungen entstandenen Ablagerungen und von Absätzen aus süssem Wasser übergehen, so muss man daraus den Schluss ziehen, dass zwischen der Bildungszeit des Flyschs und der unteren Meeresmolasse beträchtliche Bewegungen und Aenderungen im Stande wie in der Vertheilung der damaligen Meere und in der Begrenzung der Wasserbecken stattgefunden haben.

Das ältere Molassemeer hatte sich von dem östlichen Alpenrande ganz zurückgezogen. Denn hier fehlen alle älteren Molasseablagerungen, von denen man doch wohl nicht annehmen kann, dass sie durch spätere Abwaschungen wieder völlig zerstört worden seien. Dies geht aus der Thatsache ohne Weiteres hervor, dass die älteren Molasseschichten etwa von Miesbach weg ostwärts immer mehr sich verschmälern, im Prienthale bereits sehr reducirt und im Traunthale fast schon dem Auskeilen nahe sind, also nach Osten zu ganz allmählig, aber stetig abnehmen, um endlich ganz zu verschwinden.

Nach der Schweiz zu verwandelt sich der ganze mächtige Schichtencomplex der unteren Meeresmolasse des bayerischen Vorlandes und der Cyrenenschichten in die Ablager-

Digitized by Google

ungen eines nahezu vollständig ausgesüssten Wasserbeckens und nur an ganz vereinzelten Stellen lassen sich hier am Alpenrande schwache Spuren der Fortsetzung mariner Bildungen in einem, wie es scheint, sehr schmalen Meerestheile am Thunersee und vielleicht bei Bollingen erkennen, während am Fusse des Juragebirgs vom Rheinthale aus ein Meeresarm zur mittleren und oberen Oligoeänzeit vom Baselland her bis Pruntrut und Delsberg sich erstreckte.

Es ist kaum eine andere Auffassung zulässig, als dass das gesalzene Wasser, aus welchem die an Meeresthierresten reichen Niederschläge der älteren Molasse erfolgten, zwischen Traun und Iller einen nach der Flyschcatastrophe zurückgebliebenen, nicht tiefen Meerestümpel bildete, der, wie sich vermuthen lässt, westwärts durch eine Barre abgeschlossen war. Aus demselben schlugen sich zuerst die Schichten der unteren Meeresmolasse nieder. Indem dann das Salzwasser durch einmündende Flüsse nach und nach brachische Beschaffenheit annahm, gelangten in dem seichten, auf grosse Strecken selbst in Sumpf und Moor übergehenden See die vielfach mit Kohlenflötzen und Süsswasserkalkbänken (Stinkkalk) wechsellagernden Schichten der brackischen Molasse oder der Cyrenenmergel der oberoligocänen Stufe zum Absatze, während westwärts von der Barre bereits eine vollständige Aussüssung eingetreten war. Diese Einschränkung einer brackischen Entwicklung der oberoligocänen Ablagerungen auf den mittleren Theil des bayerischen Antheils an dem Molassegebiet ist desshalb besonders bemerkenswerth, weil das längere Verweilen von salzigem oder halbsalzigem Wasser in dieser Gegend auf einen relativ tief gelegenen Theil der damaligen Wasseranstauung hinzuweisen scheint, während doch in der That hier die relativ am höchsten gelegene östlichste Ausbuchtung des Molassemeers gesucht werden muss. In diesem Theile des Molassegebiets ist auch eine ziemlich scharfe Scheidung zwischen den brackischen

Digitized by Google

oligocänen und der nächstjüngeren oberen, bereits miocänen Meeresmolasse wahrzunehmen. Dies macht sich westwärts minder deutlich bemerkbar, wo, wie im Wirtachtobel bei Bregenz, Süsswasserschichten selbst mit Pechkohlenflötzen auch noch höher in Zwischenlagen und wechselnd mit oberer Meeresmolasse angetroffen werden. Da am ganzen Südrande des schwäbisch-fränkischen Juragebirgs, wie weiterhin nach Osten an jenem des bayerisch-österreichischen Urgebirges alle Spuren oberoligocäner Molasse fehlen und die ältesten hier bis jetzt aufgefundenen Tertiärablagerungen aus Landschneckenkalken oder ihnen im Alter nahestehenden Schichten bestehen, so müssen die Ufer des oberoligocänen Sees nach Norden eine ganz andere Begrenzung gehabt haben, als die ist, welche sich nach dem Verlaufe der gegenwärtigen Ränder der oberen Donauhochebene ziehen lässt.

Es ist zu vermuthen, dass damals die Jurakalkschichten und die krystallinischen Gesteine viel weiter südwärts sich ausgedehnt haben, als bis zu dem steilen Abbruchsrande, mit welchem sie jetzt an der Donau enden.

Hiermit sind wir an der Erörterung einer der schwierigsten Fragen in Bezug auf die weitere Ausbildung der Tertiärschichten im oberen Donaugebiete angelangt, welche ihren Schatten auch weiterhin nach Osten wirft. Indem man nämlich den Aufbau der Tertiärgebilde weiter nach aufwärts verfolgt, begegnet man zunächst einer Reihe schwierig zu erklärender Verhältnisse, welche sich erst mit dem Erscheinen gewisser jüngerer Meeresablagerungen, über deren geologische Stellung auf keiner Seite ein Zweifel besteht, aufzuhellen beginnen. Es betrifft dies die Zwischenbildung, welche zwischen den oberoligocänen Cyrenenschichten oder im Westen zwischen den tieferen Lagen der unteren Südwassermolasse und der mittelmiocänen Meeresmolasse eingelagert ist, d. h. die Gesteinsreihe, welcher ein untermiocänes Alter zuzuschreiben wäre.

Digitized by Google

In der Schweiz hat Heer unter der Bezeichnung graue Molasse oder untere Braunkohlenbildung eine Reihe von Gesteinsschichten, namentlich jene des hohen Rhonen, von Poudèze und Monod, als aquitanisch (oberoligocän) zusammengefasst, auf welche dann sofort die Meeresmolasse der helvetischen Stufe, d. i. Schichten vom mittelmiocänen Alter gleichförmig aufliegen soll. Es würden mithin nach dieser Auffassung die untermiocänen Schichten (Langhien C. Mayer's), welche bei einer ununterbrochenen Schichtenfolge zwischen den oberoligocänen und mittelmiocänen Ablagerungen eingeschaltet sein müssten, als Aequivalente der sandigen und mergeligen Faluns von Saucats und Léognan in der Schweizer Molasse keine Vertretung besitzen. Es ist dies aber bei der ununterbrochen gleichförmigen, concordanten Lagerung der in dieser Grenzregion auf einander folgenden Schichten in hohem Grade unwahrscheinlich.

C. Mayer dagegen zählt in seiner neuesten Classification der Tertiärgebilde (1884) zwar auch wie Heer die Lignit-führende Molasse vom h. Rhonen und von Lausanne gleich den Cyrenenmergeln von Miesbach zu der aquitanischen Stufe, zieht aber einen Theil der unteren Süsswassermolasse, nämlich die graue Molasse von Bolligen, einem Orte in der Nähe von Zürich, wo ein Kieferfragment von *Palaeotherium Schinzi* H. v. Mayer gefunden wurde, zu seinem Langhien, d. h. zum Untermiocän, während er die obere Meeresmolasse und den sogenannten Muschelsandstein der Schweiz zum Helvetien d. h. Mittelmiocän rechnet.

Dabei gliedert Derselbe sein Helvetian in drei Unterstufen und zwar in absteigender Ordnung:

Helvetian III (St. Gallener Schichten) mit den Schichten bei Bern, Luzern (Löwendenkmal, Rothsee), bei St. Gallen (Martinsbrücke, Staad), welche gleichalterig mit den Tertiärablagerungen von Salles bei Bordeaux, von Serravalle-di-

Digitized by Google

Scrivia, von Pino bei Turin und dem Leitkakalke von Wien erklärt werden.

Helvetian II (Serravaller Schichten) als gelblicher Molassesandstein, welcher durch eine Menge von *Bryozoen*, *Echinodermen* und von Haifischzähnen gekennzeichnet ist, wird als Zeitäquivalent der Schichten von Gabarret und Sos (Bordeaux), von Savigné N. von Tours, vom Randen N. von Schaffhausen und von Serravalle bezeichnet.

Helvetian I (Grunder Schichten) entspricht den Ablagerungen von Bordeaux in den tieferen Lagen von Gabarret, Sos und Reimbez, ferner von Poitiers (Mirebeau), der Tourraine, im Jura bei Court, am Mettenberg auf dem Plateau von Baselland, dann in Aargau, am Randen (Backzimmern, Winterlingen als sogenannter Citharinellenkalk) und wird den Schichten von Grund des Wiener Beckens im Alter gleichgestellt.

Im Allgemeinen stimmen auch die übrigen Schweizer Geologen in neueren Publicationen mit dieser Eintheilung überein. So gliedert Alph. Favre[1]) für den Canton Genf die dort freilich nur schwach vertretene Molasse in folgender Weise:

5) Oeningien, Süsswassermolasse von Oeningen (Tortonien),

4) Helvetien, obere Meeresmolasse von Bern, Freiburg und Lausanne,

3) Mayencien, untere Süsswassermolasse, Meeressand von Basel-Landschaft, graue Molasse von Lausanne,

2) Aquitanien, Lignit-führende Molasse und zwar:
   c) Lignit- und Gyps-führende Molasse am Fusse des hohen Rhonen,
   b) rothe Molasse,
   a) Sand von Rallingen am Thuner See,

1) Descript. Géol. d. Canton de Genève, 1880.

Digitized by Google

1) Tongrien, untere marine Schichten von Basel, im Berner Jura und am Mt. Salève.

Maillard[1]) beschreibt eingehender die Molasse von Lausanne und namentlich die sogenannten Neritinen-Schichten, welche nach seiner Auffassung an der oberen Grenze der aquitanischen Stufe und unter der langhischen grauen Molasse stehend, durch das Vorkommen von *Helix* cf. *Ramondi*, *Planorbis cornu* var: *solidus*, *Linmeus* cf. *subovatus* und *Neritina fluviatilis* als oberaquitanisch charakterisirt sei, so dass sich nachstehende Schichtenreihe ergeben würde:

Helvetische oder marine Molasse.

Langhische oder graue Molasse.

Aquitanische Molasse und zwar

c) mit *Neritina fluviatilis*,

b) mit Gyps,

a) mit Lignit.

Rothe Molasse.

Ueber die Molasse südlich vom Bodensee hat Gutzwiller[2]) eine sehr eingehende Beschreibung geliefert, beschränkt sich jedoch bezüglich der Gliederung auf die Unterscheidung einer oberen Süsswassermolasse, einer Meeresmolasse (Neuschersandstein von St. Gallen) und einer unteren Süsswassermolasse mit Pflanzenresten, ohne sich näher auf die Altersverhältnisse einzulassen.

Gilliéron[3]) unterscheidet in der Molasse von Vaud zu oberst:

Muschelsandstein,

subalpines Conglomerat,

Meeresmolasse,

untere Süsswassermolasse ohne Lignit (Langhien von Lausanne),

1) Notice s. l. Mollase dans le ravin de la Paudèze in Bull. soc. vaud. 1880. XVII.

2) Geologische Beschreibung i. d. 19. Lief. d. Beitr. z geol. Karte d. Schweiz.

3) Desc. géol. d. territ. de Vaud. 1885.

Digitized by Google

Süsswassermolasse mit Lignit,
Sand von Ralligen.

Kaufmann[1]) sucht eine in wesentlichen Punkten abweichende Auffassung der Altersverhältnisse der Schweizer Molasse geltend zu machen. Er geht hauptsächlich von stratographischer Grundlage aus und nimmt eine zweifache, neben einander bestehende, gleichalterige Schichtenentwicklung, nämlich eine marine und lakustre nach folgender Reihenfolge (von oben nach unten) an:

Marine Entwicklung:	**Süsswasserentwicklung:**
1) Obere Molasse:	
Berner- und Aargauer-Schichten. Subalpine Meeresmolasse. Subjurassischer Muschelsandstein. Etwas tiefer lagernd: St. Gallener-Rothsee Molasse mit *Cardium commune, Tapes helvetica, Ostrea crassissima.*	Albis- (Oeninger) Schichten.
2) Mittlere Molasse:	
Lucerner Schichten, graue Plattenmolasse, Muschelsandstein im Wechsel mit Süsswassermergel, Kalk und Pechkohle. Hierher gehörig: Seelaffen bei Staad am Bodensee, ohne *Cardium commune*, mit *Topes helvetica.*	Hohe-Rhonen- und Aarwanger-Schichten mit Blätterabdrücken und Süsswasserconchylien. *(Planorbis solidus).*
3) Untere (aquitanische) Molasse, Horwer Schichten, mit *Cardium Lucernense, C. Kaufmanni.*	Rothe Molasse mit *Cinnamomum lanceolatum, C. polymorphum, C. Scheuchzeri, C. spectabilis, Paliurus ovoideus, Zizyphus Ungeri, Smilax Weberi, Sequoia Langsdorfi.*

Bezüglich der Gleichstellung der unter 1) und 2) aufgestellten Abtheilungen mit den Ablagerungen aus anderen Gebieten spricht sich der Autor nicht näher aus.

1) Beiträge zur geologischen Karte der Schweiz, XI, 1872.

Digitized by Google

In der schmalen, von der Schweiz aus längs dem Südrande des schweizerisch-schwäbischen Juragebirgs hin ziehenden Bucht, welche in der Periode der Zeitwende zwischen oligocänen und miocänen Ablagerungen bis in die Gegend von Donauwörth sich unzweideutig nachweisen lässt, treten die Verhältnisse dadurch klarer hervor, dass sich als älteste hier vorfindliche Tertiärbildung auf dem sehr ungleich vertieften Untergrunde stellenweise bald blätterführende Sande und Sandsteine, bald als Facies in abgeschlossenen Becken Südwasserkalke und Landschneckenkalke abgesetzt zeigen, über welchen in scharfer Scheidung dann marine Sande vom Typus der alpinen oberen Meeresmolasse stellenweis in Verbindung mit einer brackischen Ablagerung und endlich die obere Südwassermolasse oder die oberen Südwasserkalke auflagern. Der Faciesübergang von den sandigen Schichten der hier auftretenden, allerdings nur gering mächtigen unteren Süsswassermolasse in den sogenannten Landschneckenkalk ist deutlich nachweisbar. Da nun weiter diese Landschneckenkalke, wie sie namentlich bei Ulm sehr versteinerungsreich angetroffen werden, genau dieselbe Fauna der Landconchylien und der Säugethiere (unter letztezen namentlich *Microtherium Renggeri*, welches sich weitverbreitet im Rheinthale, bei St. Gérant le Puy in der Auvergne, in den oberen Schichten von Fontainebleau findet) beherbergen, wie jene im Rheinthale bei Hochheim und Weissenau, so wird dadurch auch das relative Alter dieser Gebilde ausser allen Zweifel gestellt. Es fragt sich nur, welchen marinen Ablagerungen man diese lakustren Landschneckenkalke gleichstellen soll. F. Sandberger zieht dieselben bekanntlich zum Untermiocän, während C. Mayer dieselben in die nächstältere aquitanische Stufe verweist. Wäre die letztere Auffassung richtig, so ständen wir auch hier wieder, wenn die sogenannte obere Meeresmolasse in allen ihren Schichten wirklich als mittelmiocän gelten müsste, vor

Digitized by Google

einer Unterbrechung in der Entwicklungsreihe der Tertiärablagerungen, welche sich aber auf diesem Strich ebenso wenig, wie in der Schweiz, irgendwie sonst durch geologische Verhältnisse bemerkbar macht. Oder man wäre zu der Annahme gezwungen, dass wenigstens die tiefsten Lagen der oberen Meeresmolasse stellenweise von untermiocänem Alter wären. Diese Schwierigkeiten würden allerdings verschwinden, sobald man das untermiocäne Alter des Landschneckenkalks festhielte. Die hier obwaltenden Lagerungsverhältnisse sprechen zwar für die Gleichstellung des Landschneckenkalks mit einem Theile der für denselben eintretenden unteren Südwassermolasse. Damit ist aber über das wahre Alter und die Parallelisirung mit anderen Tertiärstufen nicht entschieden. Der Landschneckenkalk bildet in den Gegenden, in welchen schon ohnehin die untere Molasse als Süsswasserablagerung vorkommt, naturgemäss nur eine Facies oder eine Fortentwicklung derselben in kleinen, von dem Hauptgebiete abgezweigten, ausgesüssten Seen. Mehr nach Osten zu, wo brackische Schichten die untere Molasse ausmachen, süsst sich das vorher brackische Wasser erst nach und nach aus und es stellt sich hier ein allmähliger Uebergang von brackischen Schichten in Blätter-führende, graue, dünngeschichtete Sandsteine ein. Aber auch wenn wir diese Continuität der Schichtenausbildung annehmen, so kann immer noch die Frage aufgeworfen werden, ob der Landschneckenkalk, abgesehen von der noch strittigen Annahme, dass er überhaupt von untermiocänem Alter ist, die ganze Untermiocänstufe oder nur einen Theil derselben repräsentire und ob nicht etwa die tieferen Lagen des schwäbischen Muschelsandsteins vom Mittelmiocän zum Untermiocän gezogen werden müsse. Diese Frage ist schwierig zu entscheiden, da bekanntlich die Fauna der Grenzschichten zwischen den beiden letzteren Stufen sehr zahlreiche gemeinsame Arten umfasst.

Was bisher über diese Verhältnisse in den Arbeiten von

Digitized by Google

B. Studer[1]), Escher v. d. Linth, Mousson, Sandberger, Mösch, Fraass, Zittel, Würtenberger, Probst, Schalch, Schill, Miller u. A. bekannt wurde, stimmt in Bezug auf die Aufeinanderfolge der Gesteinsschichten in diesem Gebiete zwar ziemlich überein, lässt aber die oben aufgestellte Frage meist unerörtert. Sandberger nimmt an, dass unmittelbar über dem Süsswasserkalke mit *Helix crepidostoma* und den obersten Lagen der unteren Süsswassermolasse die dem Mayer'schen Heltvétien zugezählte, mithin mittelmiocäne Meeresablagerung mit *Ostrea crassissima* folgt, zu welcher er auch die sogenannten Citharellen-Kalke (mit *Melanopsis citharella*) am Randen und an zahlreichen Stellen des alten Jurakalkufers der Alb in Uebereinstimmung mit K. Mayer zum unteren Helvétien rechnet. Doch stimmt die Fauna dieser Citharellen-Kalke, von welcher Mösch ein Verzeichniss der Arten giebt, nicht ganz mit jener des sogenannten Muschelsandes (Graupensand) überein, was allerdings durch die kalkige und zum Theil etwas

1) Studer, Monographie der Molasse 1825; Escher v. d. Linth, Neujahrsblatt d. naturh. Ges. in Zürich 1862; Mousson, geol. Skizze d. Umgeg. v. Baden, 1840; Sandberger, Land- und Süssw. Conchylien d. Vorwelt; Ueb. d. Gliederung d. Miocän-Sch. in schweiz. u. schwäbischen Jura (N. Jahrb. 1873, 575); Mösch, Flötzgebirge d. C. Aargau; Beiträge z. Geol. d. Schweiz, IV. 1867; Fraass, die Fauna von Steinheim, Begleitworte z. geogn. Specialk. v. Württemberg, namentlich v. Ulm 1866, Giengen 1869, Leutkirch 1882, Ravensburg 1883; Friedrichshafen 1885; Geogn. Beschr. von Württemberg etc. 1884; Zittel, Geol. Beschr. d. Umg. von Möhringen und Mösskirch; Würtenberger, d. Tertiärform. im Klettgau (Z. d. d. geol. Ges. 1870. 471); Probst, Verzeich. d. Fauna u. Flora a. d. Molasse in Oberschwaben; Beschreib. d. foss. Pflanzenr. a. d. Molasse etc. (Württ. Jahresh. 1883); Schalch, Ueb. e. Tertiärb. d. Umg. v. Schaffhausen (N. Jahrb. 1881); Schill, Ueb. Tert. u. Quartärb. a. N. Bodensee u. Hegau (Württ. Jahresh. 1859); K. Miller, d. Tertiär am Hochsträss (Württ. Jahresh. 1871, 272), D. Molassemeer a. d. Bodenseegegend 1877.

Digitized by Google

brackische Beschaffenheit des Absatzbeckens erklärt werden kann. Die Schichten, welche über dem „Graupensand" folgen, der „Pfosand" und Thon, sowie die brackischen Schichten von Kirchberg mit *Cardium sociale* etc. nebst dem noch höher aufliegenden Sylvanakalke und den diesen vertretenden Sand-, Geröll- und Thonschichten finden darnach ihre Stellung im Obermiocän.

Miller unterscheidet fünf Abtheilungen oder Phasen. wie er es bezeichnet, in absteigender Reihenfolge:

Fünfte Phase: St. Galler Schichten. Diese sind nach ihm am Alpenrande als marine Muschelsandsteine von St. Gallen (ohne Haifischzähne), am Rande der schwäbischen Alb aber als brackische Sande und Thone (Kirchberger Schichten) und als Süsswasserbildungen (mit *Helix sylvana*) der obermiocänen Zeit entwickelt. Zu dieser Abtheilung werden die das Pechkohlenflötz am Pfänder einschliessenden Schichten, dann die Molasse von Scheffau, Schüttentobel und Kempten gerechnet. Wir begegnen hier nahezu derselben früher erwähnten Auffassung, wie sie Kaufmann geltend gemacht hat.

Vierte Phase: Muschelsandsteine von Baltringen und Würenlos. Dieselbe umfasst meist als Bausteine brauchbare marine feste Sandstein-Lagen voll von Fischzähnen und von meist nur als Steinkerne erhaltenen Conchylienresten. Für diese treten im Norden die Graupensande und gegen Süden (Höhgau, Randen) Süsswassergebilde (Helicitenmergel) ein. Am Alpenrande entsprächen diesen Lagen die tiefsten Meeresschichten bei St. Gallen, die sogenannte Seelaffen bei Rorschach, die Sandsteine in den Steinbrüchen von Bregenz, bei Siebers, Harbatzhofen und bei Kempten.

Dritte Phase: Bryozoenschichten. Sie kommen stellenweise als Turritellenkalke, stellenweise als Bryozoensande und Schiefermergel vor. Eine theils in bröcklichen Kalken, theils in kalkigen Sanden ausgebildete marine Ablagerung ist besonders bei Ermingen unfern Ulm seit langer

Digitized by Google

Zeit durch ihren Reichthum an Versteinerungen bekannt geworden. Dickschalige Austern, *Pecten* und besonders *Turritellen* neben Haifischzähnen und einzelne Bryozoen sind bezeichnend für diese lokale Bildung. Sande, Sandsteine und Schiefermergel, erfüllt von *Bryozoeen*, reich an Haifischzähnen, *Balanen*, dann mit *Corbula gibba*, *Pecten substriatus*, *Terebratula grandis* und an anderen Thierüberresten bilden auf weite Strecken hin auch an anderen Orten dieses Gebirgsrandes eine leichtkenntliche Mittelstufe zwischen unteren und oberen marinen Schichten der Miocänmolasse.

Zweite Phase: Austernnagelfluh, aus groben Rollstücken zusammengesetzt, enthält zahlreiche dickschalige Austern und wird für die älteste marine Bildung am Albrande erklärt, welche in analoger Weise auch im subalpinen Zuge der Molasse im Liegenden des Muschelsandsteins sich bemerkbar macht.

Erste Phase: Citharellenschichten (mit *Melanopsis citharella*) nehmen an einzelnen Stellen — von Füntzen am Randen bis Bachzimmern — eine von den übrigen Molasseablagerungen getrennte, isolirte Stellung ein, welche eine stratographische Einreihung in die letzteren nicht gestattet. Wir können daher hier von ihrer weiteren Betrachtung absehen.

Als besonders wichtig ist aus dieser Darstellung die Unterscheidung dreier Glieder der miocänen Molasse hervorzuheben, nämlich einer unteren Austernnagelfluh, dann der Bryozoenmolasse und des Muschelsandsteins mit den Kirchbergerschichten als höhere Stufe. Dass diese obere Stufe weiter als eine gleichzeitig mit der oberen Süswassermolasse parallel laufende Bildung angenommen wird, entbehrt jedoch einer tieferen Begründung und kann nicht als gerechtfertigt erachtet werden, sobald man die Lagerungsverhältnisse sowohl am Alpenrande, wie bei Ulm und Günzburg weiter zu Rathe zieht. Es wird hierüber später ausführlicher berichtet werden.

Digitized by Google

Ehe wir weiter auf die Betrachtung der östlicher gelegenen Theile des oberen Donaubeckens übergehen, dürfte es angezeigt sein, wenigstens einen flüchtigen Blick auch auf die zwar jenseits des eigentlichen Molassegebiets im Westen liegenden, aber mit diesem doch noch in näherer Beziehung stehenden Tertiärgebilden zu werfen. Es sind dies die Tertiärablagerungen im oberen Rheinthale bei Basel und Belfort, sowie im Rhonethale jenseits des Genfer-Sees.

Bekanntlich sind an den Rändern des Rheinthales neben vereinzelten eocänen Bildungen überwiegend oligocäne Schichten abgelagert, über welchen dann stellenweise der Landschneckenkalk oder die sogenannten Cerithienkalke als z. Th. miocäne Glieder folgen. Im oberen Rheinthale finden sich nur spärliche kieselige Kalke und graue, oft Hornstein-führende Mergel am Tüllinger Berg, welche Sandberger[1]) dem Hochheimer Landschneckenkalk im Alter gleichstellt. Sonst aber fehlen typische Miocängebilde, was auf eine bereits zu jener Zeit bestandene Trennung des rheinischen und molassischen Gebiets in der Gegend von Basellandschaft hinweist.

Auch in der Umgegend von Belfort beschränken sich nach Bleicher[2]) die Tertiärgebilde auf ältere, namentlich oligocäne Ablagerungen, denen sich vielleicht noch Kalke vom Typus der Mainzer Cerithienkalke beigesellen, während Schichten von der Ausbildungsweise der Molasse gänzlich fehlen.

Nach Südwest dagegen übersteigt die Molasse die mächtige Felsenbarre bei Chambéry und breitet sich in dem Flussdreieck zwischen Rhone und Isere SO. von Lyon mächtig aus, läuft aber südwärts bei Valence zwischen La Voulte und Crest rasch in eine schmale Zunge aus. Hier fehlen

1) Land- und Süsswasser-Conchylien S. 481 u. ffd., Andreae, Beitrag z. Kenntn. d. Elsäss. Tertiär in d. Abh. z. geol. K. d. Els. II S. 315.

2) Bleicher et Fliche, Recherches s. l. terr. tert. d'Alsace etc., Bull. soc. d'hist. natur. de Colmar, 1885.

Digitized by Google

nach Fontannes[1]) Ablagerungen von sicher ermittelt untermiocänen Alter (Mayencien). Es beginnt vielmehr im Becken von Visan das jüngere Tertiär über den Kalken, welche *Cerithien* und *Helix Ramondi* enthalten und auf tongrischen Schichten mit *Cyrenen* aufliegen, mit Molasseschichten der helvetischen Stufe, in welcher Fontannes vier Glieder unterscheidet nämlich (von oben nach unten):

4) Mergel und Sande mit *Ancillaria glandiformis*, *Cardita Jouannetti*, *Pecten vindascinus*, *Rotella subsuturalis* und *Ostrea crassissima* in ihrem zweiten Niveau.

3) Sand und Sandsteine mit *Pecten Gentoni* neben *Terebratulina calathiscus*, *Cardita Michaudi*, *Amphiope perspicillata* u. A.

2) Sand und mergelige Sandsteine mit *Ostrea crassissima* in ihrem ersten Auftreten zugleich mit *Pecten amoeheus*, *P. camaretensis*, *P. diprosopus*, Fischzähnen *(Myliobates)* und *Bryozoen.*

1) Kalkige, mergelige und sandige Molasse und nach unten ein Conglomerat mit grünlichen Kieselrollstücken. Hier finden sich *Pecten praescabriusculus*, *P. subholgeri*, *P. subbenedictus*, *P. rotundatus*, *Echinolampas hemisphaericus*, *Scutella paulensis.*

Als fraglich zum Langhien gehörig führt Fontannes (p. 64 l. c.) unter den Schichten 1) noch einen grauen Mergel mit *Ostrea granensis* an. Tiefer folgen dann, wie bereits erwähnt wurde, die Süsswasserkalke mit *Helix Ramondi.*

Wir dürfen annehmen, dass die Kalke mit *Cerithien* und *Helix Ramondi* denen von Aix und in dem Bahnhofe von Dijon gleichstehen und dem Landschneckenkalke entsprechen. Man begegnet mithin auch im Rhonebecken derselben Schichtenaufeinanderfolge wie wir sie bereits an der schwäbischen Alb kennen gelernt haben und wiederum

1) Études stratigraph. VI. 1880. p. 65.

Digitized by Google

handelt es sich auch hier um die Frage der genaueren Parallelstellung der tiefsten, unmittelbar auf diesen Landschnecken- und Cerithienkalken liegenden sogenannten Molasse, welche Fontannes der helvetischen Stufe zuweist. Es muss dies hervorgehoben werden, weil, wenn die Frage beantwortet werden soll, ob die tiefste Molasse des alpinen Gebiets wirklich von mittelmiocänem (helvetischen) oder vielleicht von untermiocänem Alter (Mayencien oder Langhien) sei, die hier im Rhonethale vorkommenden Versteinerungen nicht als entscheidend angeführt werden dürfen.

Werfen wir, um neue Anhaltspunkte für die Feststellung des Alters der Schichten zu gewinnen, unsere Blicke nach Osten, so sind es zunächst jenseits der engeren Gebietsgrenze die Ablagerungen im sogenannten ausseralpinen Becken bei Horn, welche in Betracht gezogen werden können. Die tiefsten Lagen der sogenannten Horner-Schichten gelten nach fast allgemeiner Annahme als untermiocäne, wenigstens für älter, als die Schichten von Grund und als die, soweit bekannt ist, tiefsten Absätze im alpinen Theil des Wiener Becken, nämlich der Leithakalk und das Leithaconglomerat.

Die Horner-Schichten wurden von Dr. Rolle schon 1859[1]) als eine besondere, von den Schichten des eigentlichen Wiener Beckens verschiedene, ältere Tertiärentwicklung erklärt, welche er als am nächsten stehend mit den Bildungen von Saucats und Léognan, von St. Paul bei Dax, der eigentlichen Schweizer Meeresmolasse, insbesondere aber den Ablagerungen von Korod in Siebenbürgen und von Ortenburg bei Passau annahm.

E. Suess unterzog in einer klassisch gewordenen Abhandlung[2]) die Bildungen von Horn einer besonders ein-

1) Sitzungsb. d. math. natur. Cl. d. Ac. d. Wiss. in Wien. Bd. 36. Nr. 13. 1859.

2) Sitz. d. math. naturw. Cl. d. Acad. d. Wiss. in Wien. 1866. 53/54. 1. Abth. 87.

Digitized by Google

gehenden Schilderung. Er unterschied unterhalb der höheren marinen Bildungen, nämlich dem Sande von Grund, dem marinen Tegel an der Schmieda und dem Nulliporenkalk vom Mailberg (S. 138 u. ffde. l. c.):

1) Schlier, blauweisse und graue Mergel- und Sandlagen mit *Meletta sardinites*[1]), *Nautilus* neben anderen marinen Conchylien, Landpflanzen und Gypslagen.

2) Schichten von Eggenburg mit *Panopaea Menardi*,

3) Schichten von Gauderndorf im *Tellina strigosa*. Hierher werden von ihm auch die Schichten von Ortenburg in Bayern gerechnet.

4) Schichten von Loibersdorf mit *Cardium Kübecki*, *Pectunculus Fichteli*, *Mytilus Haidingeri*, *Venus umbonaria*.

5) Schichten von Molt mit *Cerithium margaritaceum*, *C. plicatum*, *Melanopsis aquensis*, *Turritella gradata*, *Murex Schoeni*, *Arca cardiiformis* als lokale tiefste, vielleicht schon oligocäne Tertiärablagerung bei Horn. An anderen vereinzelten Stellen entsprechen die sogenannten *Amphisylen*-Schiefer als unzweifelhaft oligocäne Schichten noch älteren Bildungen. Suess weist ausdrücklich auf die grosse Aehnlichkeit dieser Abtheilung mit dem oligocänen Cyrenenmergel hin, während er die Schichten von Eggenburg mit der marinen Molasse von St. Gallen in Parallele stellt und dem Schlier seine Stellung unter den Grunder Schichten anweist. Dieser sogenannte Schlier hat dann später eine aussergewöhnlich wichtige geologische Rolle für die Altersbestimmung der Tertiärbildungen sehr weit auseinander liegender Gebiete erlangt, auf die wir später zurückkommen werden.

An dieser von Suess geschaffenen Grundlage wurden

1) Es sei vorläufig schon hier bemerkt, dass gewisse *Meletta*-Schichten des Horner Beckens (bei Grüben) zwischen Loibersdorfer und Eggenburger Schichten nicht über letzteren liegen.

Digitized by Google

nachträglich allerdings mannigfache Modifikationen anzubringen versucht. Ohne auf die einzelnen Phasen hier einzugehen, verdient insbesondere die Zusammenstellung, welche Th. Fuchs[1]) 1877 gegeben hat, eine nähere Erwähnung. Derselbe fasst als Horner Schichten oder erste Mediterran-Stufe den Schichtencomplex mit *Ostrea crassissima*, *O. giengensis* und *Mytilus Haidingeri* zusammen und stellt dieselbe der oberen Meeresmolasse, der Faluns von Saucats und Léognan, dem Miocenico medico der italienischen Geologen (Serpentinsande und Aturienmergel des Mont-Ferrats) im Alter gleich.

Weiter weist er die Molter Schichten als tiefstes Glied der jüngeren sogenannten Neogenen (nichtoligocänen) Reihe zu und erklärt die übrigen von Suess unterschiedenen Abtheilungen mit Einschluss des Schliers nur als Modifikationen einer und derselben geologischen Schichtenreihe. Während in dem eigentlichen Wiener Becken, wie man bis in die neueste Zeit annahm, diese älteren Tertiärgebilde, die Schichten der ersten Mediterranstufe (Horner Schichten), bis auf schwache Spuren (Schlier bei Walbersdorf, unfern Mattersdorf in Ungarn) gänzlich fehlen und hier die Tertiärablagerungen mit der zweiten Mediterran-Stufe beginnen, breiten sich die Horner Schichten, namentlich der Schlier noch weiter in NO. Richtung in Mähren aus. Hier gesellt sich demselben ein neues höchst merkwürdiges Glied zu, über welches zuerst Rzehak[2]) ausführlichen Bericht erstattet hat. Es sind dies brackische Ablagerungen mit einer *Tapes*-ähnlichen Muschel, der *Oncophora socialis* Reh. und daher Oncophora-Schichten genannt, welche auf das genaueste mit den bereits aus der Gegend von Ulm und Günzburg erwähnten Kirchberger- oder Cardien-

1) Führer z. d. Excursionen d. d. geol. Versamml. in Wien 1887.

2) Verh. d. naturf. V. in Brünn XXII. 1883; Ders. Verh. d. k. k. Geol. R. 1880 Nr. 16; Sandberger das. 1883. 12.

Digitized by Google

Schichten übereinstimmen. Das Tertiär bei Brünn zeigt demnach folgende Zusammensetzung:

1) Zu oberst liegt — abgesehen von dem mit den übrigen Schichten in keiner direkten Verbindung stehenden Lithothamniumkalke — versteinerungsarmer mariner Tegel mit einer Fauna, die der des Badener Tegels gleichkommt, also zur zweiten Mediterran-Stufe gehört.

2) Marine Sande und Sandsteine von der Art des schwäbischen Pfohsandes werden unzweifelhaft von den homogenen, grauen Tegel der II. Mediterran-Stufe überlagert und bestehen streckenweise aus marinen, streckenweise aus brackischen, den soeben erwähnten *Oncophora*-Schichten.

Diese zwei Facies sind mithin:

a) brackisch mit *Oncophora socialis*, *Cardium moravicum*, *C. sociale*, *Unio* cf. *Eseri*, *Congeria* aff. *clavaeformis*, *Melanopsis intermedia*, *Hydrobia acuta*, *Bythinia gracilis*, *Neritina cyrtoscelis*, *Planorbis*, *Helix*, *Bryozoen* etc. Diese Ablagerungen werden für verwandt mit den Schichten von Kirchberg bei Ulm und mit gewissen Ablagerungen von Manfa und Budassa in Ungarn (nach Böckh) erklärt.

b) Marine Schichten mit *Ostrea cochlear*, *Pecten Tournali*, *Lucina miocoenica*, *S. dentata*, *Axinus sinuosus*, *Venus vindabonensis*, *V. plicata*, *Nuculina ovalis*, *Ervilia pusilla*, *Melanopsis intermedia*, *Rissoa* cf. *Zetlandica*, *Conus Dujardini*, *C.* aff. *betulinoides*, *Rissoina pusilla*, *Turritella turris*, *T. bicarinata*, *Buccinum*, *Fusus*, *Oliva*, *Cassidaria echinophora*, *Cassis Saburon*, *Murex aquitanicus*, *Ficula condita*, *Haliotis volhynica*, *Vaginella depressa*, *Dentalium Jani*, *D. mutabilis*, *Cypraea*, *Helix Larteti*, *Dendrophyllia prismatica*, Haifischzähne.

Rzehak glaubt aus dieser Liste der Versteinerungen auf ein den Grunder (Basis der II. Medit. Stufe) Schichten gleichstehendes Alter schliessen zu dürfen.

Digitized by Google

3) Schlier, theils von grauen Thonmergeln mit oft Septarien-artigen Kalksteinen, theils aus losen Sanden gebildet, besteht im Einzelnen aus:

a) Mugelsand mit *Bryozoen*, *Tellina strigosa*, *Ostrea giengensis*, *Anomia*, *Pecten*, *Turritella*, *Balanus*.

b) Schlierthone. Diese enthalten Arten von organischen Ueberresten, welche den Badener Tegel charakterisiren, zugleich vermengt in solchen, welche dem Schlier eigenthümlich sein sollen: *Buccinum subquadrangulare*, *Pecten denudatus*, *P. 12 lamellosus*, *Lucina Wolfi*, *Solenomya Doderleini*; *Vaginella* cf. *depressa*, *Brissopsis* cf. *ottnangensis*.

Arten, welche auf ein jüngeres Alter deuten, sind: *Cassidaria echinophora*, *Natica helicina*, *Pleurotoma harpula*, *Dentalium badense*, *D. tetragonum*, *Ostrea digitalina*, *O. cochlear*, *Leda nitida*, *L. clavata*, *Nucula ovalis*, *Cidaris polyacantha*, *Diadema Desori*; auch finden sich viele *Foraminiferen* in diesen Thonen vor.

c) Zu unterst liegen Mergelschiefer mit kleinen Formen von *Aturia* (nicht *A. Aturi*), *Meletta* n. sp. *(praesardinites)* und vielen *Pteropoden*; seltener kommen Arten von *Buccinum*, *Pleurotoma*, *Nucula* neben zahlreichen *Foraminiferen* vor.

In dieser Darstellung ist — abgesehen von dem Nachweis der Kirchberger Schichten — besonders bemerkenswerth, dass hier in dem Schlier viele Badener Arten angegeben werden, ferner, dass eine tiefere Mergellage mit einer eigenthümlichen Art von *Meletta (praesardinites)* aufgeführt und dass überhaupt die ganze Schichtenreihe in ein relativ hohes Niveau versetzt wird.

Im Allgemeinen wurde an der Gliederung der Tertiärgebilde nach Suess und Fuchs[1]), namentlich an ihrer Scheidung in eine erste (ältere) und zweite (jüngere) Mediterran-Stufe für Oesterreich und die ostwärts anschliessenden Gegenden

1) Tietze, Z. d. d. Geol. Ges. 36. 68; Th. Fuchs das. 37; 131.

Digitized by Google

bis in die neuere Zeit festgehalten. Erst jüngst hat sich dagegen unter den Wiener Geologen eine mit grosser Heftigkeit erörterte Streitfrage über die Berechtigung der Altersunterscheidung einer ersten und zweiten Mediterran-Stufe erhoben, welche bei den der Sache ferner Stehenden das peinliche Gefühl der Unsicherheit hervorrufen muss und es in hohem Grade erschwert, aus diesem östlichen Gebiete Vergleichpunkte zu benützen.

Dies kommt in ganz auffallender Weise bei derjenigen Bildung zur Geltung, welche unter der Bezeichnung „Schlier" zu einem der allerverbreitetsten und geologisch zuverlässigsten Orientirungshorizonte zu erheben versucht wurde, dessen nähere Inbetrachtnahme sich desshalb nicht umgehen lässt, weil dieser Schlier und namentlich die typische und namengebende Ablagerung desselben, jene von Ottnang in Oberösterreich, direkt in das höhere Donaugebiet fortsetzt und mehrfach am Rande der bayerischen Alpen bereits nachgewiesen wurde.

Die Bezeichnung Schlier stammt aus Oberösterreich, namentlich aus der Gegend von Ried, wo man einen aschbis dunkelgrauen Mergel zum Düngen der Felder in zahlreichen Gruben gewinnt. Insbesondere aber zog eine solche Mergelgrube bei Ottnang, in welcher sich sehr zahlreiche Versteinerungen, besonders *Nautilus*-Schalen mit schönem Perlmutterglanz gefunden hatten, die Aufmerksamkeit der Geologen schon frühzeitig auf diese Bildung. Ehrlich[1]) war es wohl zuerst, welcher den Namen Schlier in die Wissenschaft einführte und M. Hörnes gab bereits 1859 ein Verzeichniss von 30 Arten im Schlier von Ottnang vorkommender Versteinerungen an, welche er im Allgemeinen am meisten mit denen des Badener Tegels übereinstimmend erklärte, jedoch als eine eigenthümliche Facies der Wiener Fauna bezeichnete. Als

1) Geogn. Wanderung im Gebiet d. NO. Alpen 1852. S. 72.

Digitized by Google

bestimmt auszuscheidendes Glied zunächst der Wiener Tertiärgebilde wurde dieser Mergel auf Grund der von M. Hörnes gelieferten paläontologischen Bestimmungen erst von E. Suess in der schon erwähnten Abhandlung erhoben und als oberstes oder Schlussglied der ersten Mediterran-Stufe, welche unmittelbar unter den Grunder-Schichten ihre Stellung findet, bezeichnet. Hierbei sind die Schichten bei St. Peter und Haag an der Enns mit Schuppen von *Meletta sardinites*, dann mit einem *Nautilus*, mit *Marginella auris leporis* und *Solenomya Doderleini* unter Hinweis auf den Schlier von Ottnang mit letzterem der Stellung nach identificirt und unter der verallgemeinerten Bezeichnung Schlier als geologischer Horizont in die Wissenschaft eingeführt worden.

Seit dieser Zeit wurde nun diesem Schlier eine ungemein wichtige geologische Rolle zugetheilt und zwar nicht bloss in Bezug auf die österreichischen Vorkommnisse, sondern auch durch die Gleichstellung gewisser Schichten mit dem Schlier von Ottnang in Bezug auf sehr ausgedehnte Gebiete in ganz Südeuropa. Noch in seiner neuesten Klassifikation der Tertiärgebilde (August 1884) stellt K. Mayer den „Schlier von Oesterreich" in die obere Abtheilung seiner Langhien-Stufe. Sandberger bezeichnet ihn gleichfalls als untermiocän und Th. Fuchs führt an, dass er zur ersten Mediterran-Stufe gehöre. Eine Reihe der hauptsächlich mit Untersuchungen über Tertiärablagerungen sich befassenden Geologen folgt dieser Annahme.

Als zu dieser Schlierstufe gehörig werden nun unter vielen anderen Ablagerungen[1]) angegeben: der karpathische Salzthon (Wieliczka), die Schichten bei Radoboy in Ungarn (Szilágyèr Comitat), in der Steyermark, bei Bologna, Ancona und längs dem Ostrande der Apenninen-Kette bis Serra-

1) Suess, D. Antlitz der Erde I S. 397 u. ffd.

Digitized by Google

valle, in der Nähe von Turin, bei Vonce NO. von Nizza, auf Sicilien bei Messina und selbst auf Malta. Man will sogar auch in Lycien und in Persien Schlier wieder erkannt haben.

So interessant auch diese in grosser Entfernung von dem eigentlichen Fundpunkt des typischen Schliers zu Ottnang entdeckten Vorkommnisse immerhin sein mögen, so bieten doch die näher gelegenen Vorkommnisse innerhalb des gleichen Verbreitungsgebietes der Tertiärschichten an der oberen Donau und innerhalb der analog ausgebildeten Tertiärreihe in Ober- und Niederbayern nicht weniger lehrreiche Vergleichsmomente.

Es war mir gelungen, im Westen von Ottnang, am Fusse der Alpen bei Traunstein[1]) Schichten mit organischen Einschlüssen zu entdecken, welche paläontologisch und lithologisch ganz unzweifelhaft mit der typischen Ablagerung von Ottnang identisch sind und gleichsam deren westliche Fortsetzung ausmachen. In Verfolgung dieser Vorkommnisse konnte ich noch an mehreren anderen Stellen nicht bloss am Alpenrande zu Prien am Chiemsee, sondern auch an dem gegenüberliegenden Urgebirgsrande in der Nähe von Passau und Ortenburg, bei Tettenweis im Dorfe Ottenberg und an mehreren Orten zwischen Pfarrkirchen und Griesbach unfern Passau dem nach der Gesteinsbeschaffenheit und nach den organischen Einschlüssen mit dem Ottnanger Schlier vollkommen übereinstimmenden Mergel nachweisen.

Dabei ergaben sich aber Lagerungsbeziehungen zu der zunächst angeschlossenen sogenannten oberen Meeresmolasse und der oberen sogenannten Süsswassermolasse, welche mit den bisher angenommenen Altersverhältnissen des Schliers nicht in Uebereinstimmung zu stehen schienen und es mir für die geologische Kartirung des auf Bayern

1) v. Gümbel, D. geogn. Durchforsch. Bayerns, 1877 S. 70.

Digitized by Google

treffenden Antheils an dem oberdanubischen Tertiärgebiete nothwendig erscheinen liessen, über die Lagerungsverhältnisse des typischen Schliers von Ottnang soweit thunlich Klarheit zu verschaffen. Es stellte sich dies um so dringlicher heraus, als in neuerer Zeit bekanntlich auch in den österreichischen, weiter ostwärts liegenden Gebieten mehrfach Zweifel über die Stellung der dort dem Schlier gleichgestellten Schichten laut geworden sind.

Es liegt schon an sich in der Natur der Sache, dass bei dieser Gleichstellung öfter unrichtige Annahmen gemacht worden sind, indem man zu einseitiges Gewicht eines Theils auf die petrographische Aehnlichkeit der Gesteinsschichten, anderen Theils auf das Vorkommen einzelner Versteinerungen gelegt hat, welche entweder mit schwierig zu unterscheidenden, nahestehenden Arten verwechselt worden sind, oder auch durch die ganze Reihe oder einen grossen Theil der im Alter zunächst stehenden Tertiärschichten hindurchgehen. So ist schon Hilber[1]) auf Grund seiner Untersuchungen der ostgalizischen Gypslagerstätten zu dem Ergebnisse geführt worden, dass der dortige sogenannte Schlier über Schichten der zweiten Mediterranstufe auftrete und sicher der unteren, vielleicht selbst der oberen Abtheilung der zweiten Mediterranstufe angehöre, und dass das, was man überhaupt als Schlier zu bezeichnen pflege, verschiedenen Abtheilungen der ersten und zweiten Mediterranstufe entspreche.

Auch Manzoni's[2]) Schilderungen des Schliers von Bologna deuten dadurch auf eine Unsicherung über dessen Stellung zu den übrigen Tertiärschichten hin, dass dieser Geologe den sogenannten Schlier zuerst über die sogenannte Quarzmolasse (Grunder Schichten) und die Ancillarienmergel (Tortoniano), später aber unter dieselbe eingereiht hat.

1) Verh. d. k. k. geol. Reichs. in Wien 1881, S. 130.

2) In Bolletino d. Com. geol. 1880. 510 u. Bollet. com. geol. 1881. 46.

Digitized by Google

Ebenso nimmt der calabrische Schlier, den Sequenza[1]) in die Stufe Piano Langhiano versetzt und unmittelbar auf Piano aquitaniano folgen lässt, unzweifelhaft eine höhere, als die ihm zugeschriebene Stellung ein, da die sogenannten aquitanischen Schichten durch ihre Versteinerungen sich unzweideutig als zur helvetischen, mindestens zur langhischen Stufe gehörig erweisen.

Selbst Rud. Hörnes[2]), dem wir eine eingehende Beschreibung der Versteinerungen aus dem typischen Schlier von Ottnang verdanken, sieht sich neulich, nachdem er früher diesen Schlier gleichfalls als Tegelfacies der oberen Abtheilung der ersten Mediterranstufe zugewiesen hatte, zu der Aeusserung veranlasst, es scheine ihm jetzt wahrscheinlich, dass gerade der oberösterreichische Schlier nicht der 1., sondern der 2. Mediterranstufe angehöre, und dass der Name Schlier überhaupt zur Bezeichnung einer Etage aufzugeben sei.

Es wäre vermessen, über die Stellung des Schliers von so verschiedenen Fundpunkten im Allgemeinen ein Urtheil fällen zu wollen, ohne die Verhältnisse der einzelneu Ablagerungen an Ort und Stelle kennen gelernt zu haben. Aber man wird es wohl begreiflich finden, dass ich bei dem unmittelbaren Anschlusse meines Aufnahmsgebiets an die benachbarten Vorkommnisse in Oberösterreich einen besonderen Werth darauf legen muss, in der Schlierfrage einen klaren Einblick zu gewinnen.

Es liegen nach diesen Erörterungen sowohl im Westen an der Schweizer Grenze, wie im Osten jenseits der Salzach und des Inns geologische Fragen vor, deren Beantwortung für die Beurtheilung der oberdanubischen, im bayerischen Gebiete eine grössere Ausbreitung gewinnenden Tertiärablagerung von ganz besonderer Wichtigkeit sich erweist.

1) Le formazioni Terzianie Calabria 1880.

2) Jahrb. d. geol. Reichsanst. XXV — 333 u. Verh. 1884 S. 306.

Digitized by Google

Die hier zu lösenden Probleme lassen sich in den zwei Hauptpunkten zusammenfassen:

1) Wo ist in diesem Gebiete die Grenze zwischen den oligocänen und miocänen Schichten zu ziehen und

2) welche Stellung ist dem oberösterreichisch-bayerischen Schlier zuzuweisen?

Ehe wir versuchen, diese Fragen zu beantworten, dürfte es zweckdienlich sein, vorerst kurz über die geologischen Verhältnisse zu berichten, welche in engster Beziehung zu dieser Frage stehen.

Zunächst ist es der am nördlichen Rande der bayerischen Kalkalpen fortlaufende Zug oligocäner und miocäner Molasse zwischen Bodensee und Salzach, mit dem wir uns in den Grenzschichten zwischen beiden Tertiärabtheilungen hier zu beschäftigen haben.

In meiner Schilderung der geognostischen Verhältnisse des bayerischen Alpengebirgs[1]) habe ich die zunächst der typischen oberoligocänen Cyrenenmergel auflagernden und unmittelbar unter der oberen Meeresmolasse vorkommenden, meist dünnschiefrigen, gelben Molassesandsteine mit Pflanzenresten (*Myrica salicina*, *Rhamnus Eridani*, *R. Decheni*, *Cassia phasiolites* u. A.), die sogenannten Blättermolasse, als Aequivalent des Landschneckenkalks und des tiefsten Miocäns aufgefasst. Diese Schichten sind nachweisbar von dem Südgehänge des Pfänders bei Bregenz bis zu dem letzten vollständigen Molasseaufschluss im Traunthale bei Traunstein und zwar ausnahmslos in concordanter Lagerung sowohl zu den tieferen Cyrenenmergeln wie zu der höhern unmittelbar auflagernden Meeresmolasse, aber ohne eigentliche Uebergänge zu letzterer zu verfolgen.

1) Geogn. Besch. d. bayer. Alpengeb. S. 683, 693 u. 760.

Digitized by Google

Es lässt sich daraus der Schluss ziehen, dass der Einbruch gesalzenen Wassers bei Beginn der Bildung der oberen Meeresmolasse mit einer reichen Meeresfauna in diesem Gebiete zwar rasch, aber auf eine Weise erfolgte, welche gewaltsame, dieses Gebiet berührende Katastrophen ausschliesst. Es müssen daher zu dieser Zeit anderswo geologische Ereignisse stattgefunden haben, welche dieses erneuerte Vordringen des Meeres in das nahezu vollständig ausgesüsste Becken bewirkten. Fassen wir diese Verhältnisse bloss für unser engeres Gebiet ins Auge, so wäre es entschieden naturgemässer, wie schon erwähnt wurde, die Grenze zwischen älteren oligocänen und jüngeren miocänen Tertiärablagerungen oberhalb der in dem nach und nach vollständig ausgesüssten Becken entstandenen Sedimente, der Blättermolasse, als unterhalb derselben zu ziehen, weil zwischen dem Bestande eines mit halbgesalzenem Wasser erfüllten Beckens und seiner allmähligen Aussüssung geringere Differenzen sich ergeben als zwischen dem nur durch inzwischen eingetretene geologische Katastrophen ermöglichten Uebergange einer Süsswasserbucht in eine marine. Es sind daher nur ausserhalb unseres engeren Gebiets liegende Verhältnisse, durch welche eine Zuweisung der limnischen Ablagerung der Blättermolasse zu der oberen, d. h. miocänen Tertiärabtheilung rechtfertigen könnten.

Was nun die unbezweifelt miocäne, sogenannte Meeresmolasse anbelangt, so ist zunächst darauf hinzuweisen, dass ich in der obenbezeichneten Schilderung auf die geringen und nicht überall hervortretenden, petrographischen Unterschiede, welche man in der Schweiz zwischen Meeresmolasse und Muschelsandstein machen zu müssen geglaubt hat, innerhalb des bayerischen Antheils an der Molasseverbreitung kein grosses Gewicht zu legen vermochte und mich daher für den ganzen Complex der marinen Miocänschichten des Ausdruckes „obere Meeresmolasse“

Digitized by Google

bedient habe. Selbst in der Schweiz gebraucht man in vielfach verschiedenem Sinne beide Bezeichnungen, welche oft sogar geradezu mit einander verwechselt werden. Es war mir früher (1854—1859) nicht gelungen, eine weitere scharfe Scheidung innerhalb dieser sogenannten oberen Meeresmolasse durchzuführen, obwohl ich deren Zusammensetzung aus verschiedenen übereinander liegenden Schichten-Complexen (vergl. l. c. S. 764) erkannte. Dem entsprechend rechnete ich die ganze marine Bildung ungetrennt zu einer mittleren Abtheilung des Neogen's, welche gewisse Glieder der damals von K. Mayer noch als Maynzer Stufe bezeichneten Abtheilung und der helvetischen Stufe in sich fasste. Auf diese folgend wurde damals ein geologisches Ganze, die sogenannte obere Süsswassermolasse, angenommen.

Eine wesentliche Erweiterung erlitt diese Gliederung durch die Entdeckung der Fischschiefer mit *Meletta sardinites* und zahlreichen anderen Versteinerungen im Thale bei Traunstein, worüber ich später Bericht[1]) erstattet habe. Ich stützte mich hierbei wesentlich auf die inzwischen im Wiener Becken reichlich gesammelten Erfahrungen, namentlich auf die Arbeit von E. Suess über das Horner Becken und von R. Hörnes über die Versteinerungen des Schliers von Ottnang (1875). Es konnte nämlich nunmehr der sogenannte Schlier auch innerhalb des bayerischen Gebiets nachgewiesen werden. Nach der allgemeinen Annahme, dass der Schlier der sogenannten ersten Mediterranstufe angehöre, stellte ich daher denselben mit den ihn begleitenden Gesteinsschichten nunmehr in Parallele mit den Horner- und Saucats-Schichten und verwies die theilweise höherliegenden Sande mit *Ostrea crassissima* in die helvetische Stufe (Helvetien I. K. M.).

Auch K. Mayer hat sich eingehend mit den bayerischen

1) Die geogn. Durchforschung Bayerns 1876 S. 70 u. ffd.

Digitized by Google

Tertiärablagerungen befasst, aber vorzugsweise hierbei nur die in den Münchener Sammlungen liegenden Versteinerungen zu Rathe gezogen. In seiner synchronistischen Tertiärtabelle vom Jahre 1868 finden wir bayerische Vorkommnisse auf folgende Stufen vertheilt:

1) Messinien mit der Süsswassermolasse von Günzburg.
2) Tortonien, ohne Angabe.
3) Helvetien und zwar
   a) St. Gallener Schichten: Lagen mit *Ostrea crassissima* aus dem Kaltenbach,
   b) Serrevaller Schichten: Muschelsandstein von Kempten und Molasse mit Glaukonit aus dem Kaltenbach,
   c) Grunder Schichten; keine Angabe,
4) Langhien, graue Süsswassermolasse von Immenstadt, Kempten, Auerberg, untere Süsswassermolasse von Günzburg und Kirchberg, graue marine Mergel von Prien, aus dem Kaltenbach, von Traunstein, Mähring, Mergel und Sand von Ortenburg.
5) Aquitanien, Süsswasserkalk von Thalfingen (Ulm), Cyrenenmergel von Oberbayern.

In der 1884 erschienenen Classification der Tertiärschichten sind mit Ausnahme der aquitanischen Cyrenenmergel von Miesbach keine Fundorte mit jüngeren Tertiärschichten aus Südbayern angegeben.

Am wichtigsten ist in dieser Zuweisung die Einreihung einer ziemlich beträchtlichen Anzahl von Vorkommnissen unter 4) d. h. unter die untermiocänen, bez. langhischen Schichten.

Ueber die Tertiärablagerungen an dem den Alpen gegenüberliegenden Beckenrande, am Fusse der schwäbisch-bayerischen Alb und des oberbayerischen Grenzgebirges, hat in neuerer Zeit, soweit dies den bayerischen Antheil bei Ulm und Günzburg betrifft, über welche die diesbezüglichen Resultate der bayerischen geologischen Landesaufnahme noch nicht zur Veröffentlichung gelangt sind, am eingehendsten

Digitized by Google

Sandberger[1]) Mittheilungen gemacht, in welchen eine frühere, gemeinschaftlich mit dem Verfasser entworfene Uebersicht über das Alter der Tertiärgebilde in der oberen Donau-Hochebene[2]) durch spätere Untersuchungen ergänzt und verbessert wurde. Es ist bereits im Vorausgehenden über diese Arbeiten Sandberger's berichtet worden.

Von dieser nordwestlicken Ecke des oberdanubischen Tertiärbeckens an finden sich ostwärts von Donauwörth nach meinen Untersuchungen keine marinen Tertiärablagerungen mehr an dem nördlichen Rande bis in der Gegend von Passau, wo schon aus früherer Zeit die versteinerungsreichen Ablagerungen von Ortenburg bekannt und von Dr. Egger gründlichst ausgebeutet worden sind. Letzterem unermüdlichem Forscher verdanken wir die Entdeckung zahlreicher, weiterer Tertiärfundpunkte bei Ortenburg und die Beschreibung der *Foraminiferen-* sowie der *Ostracoden*-Funde[3]) dieser Schichten.

In meiner geognostischen Beschreibung Bayerns habe ich im ersten und zweiten Bande die Lagerungsverhältnisse dieser Tertiärgebilde bei Passau-Ortenburg beschrieben und sie bezüglich ihres Alters mit den subalpinen Tertiärschichten und jenen bei Ulm in Parallele zu stellen versucht. Demnach würden sich diese Ablagerungen bei Passau in folgender Weise von oben nach unten gliedern:

1) Quarzconglomerate, Quarzgerölle und Süsswasserquarzite, welche mit den rheinischen Dinotheriumschichten verglichen werden;

---

1) Sandberger, d. Glied. der Miocän-Sch. im Schweiz.- und Schwäb.-Jura (N. Jahrb. f. M. G. u. P. 1873 S. 575). — Conchylien in der Vorzeit S. 357 u. ffd., dann § 16 u. ffd.

2) Sandberger u. Gümbel in Sitz.-Ber. der k. k. Akad. d. Wiss. in Wien, math.-phys. Kl. 1858, Bd. 30, S. 212.

3) Jahrb. J. N. f. M. G. u. P. 1857 S. 266 und 1858 S. 403.

Digitized by Google

2) Braunkohlen-führende Mergel, Sand und Thonschichten, welche der subalpinen oberen Süsswassermolasse gleichgestellt worden sind;

3) brackische, sandig-mergelige Schichten, welche den Kirchberger Ablagerungen bei Ulm entsprechen und

4) Meeressande bei Ortenburg vom Alter der Horner Schichten in Oesterreich und der Maynzer Stufe K. Mayer's.

Es breiten sich zwar auch noch nördlich von dem Donaurande Tertiärablagerungen meist in Eintiefungen des Jurakalks wie in Ries, bei Georgsgemünd, Pleinfeld, Weissenburg, Eichstädt, Neuburg a. D., bei Regensburg, namentlich in der Naabthalung und an vereinzelten Stellen selbst über das Urgebirge aus, welche unzweifelhaft als Ausläufer des oberdanubischen Tertiärgebiets anzusehen sind. Sie gehören aber alle entweder der Süsswasserkalkfacies vom Alter der sogenannten Sylvanakalke oder Braunkohlen-führenden Ablagerungen vom gleichen obermiocänen Alter an und sollen hier nicht weiter in Betracht gezogen werden. Nur die eine Thatsache verdient hervorgehoben zu werden, dass in der Thalung der Naab, ziemlich entfernt von dem Gebirgsrande, über der ausgedehnten Braunkohlenbildung von Sauforst das gleiche Quarzgeröll sich ausbreitet, wie es sich in der eigentlichen Hochebene gegen Osten zu in mächtigen Ablagerungen als jüngste Tertiärbildung einstellt.

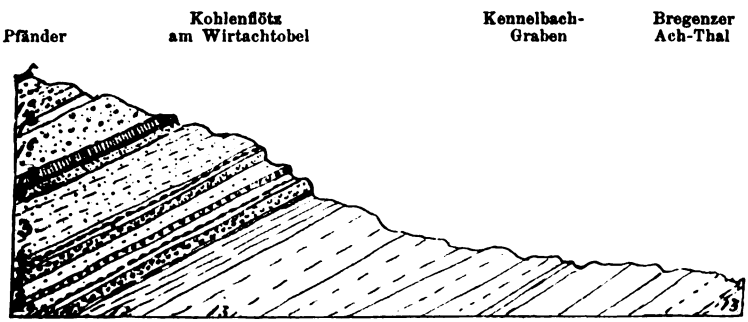
Nach dieser vorbereitenden Uebersicht über das Wissenswertheste in Bezug auf die jüngeren Tertiärablagerungen im oberen Donaugebiete Bayerns wenden wir uns nun zur näheren Darlegung der Ergebnisse, welche hier durch neuere Untersuchungen gewonnen worden sind. Dabei sollen zunächst die Ablagerungen an dem Alpenrande von Westen nach Osten und sodann jene am Südfusse des Frankenjura's und des ostbayerischen Grenzgebirgs in gleicher Richtung einer eingehenden Untersuchung unterzogen werden.

Digitized by Google

I. Die miocänen Tertiärablagerungen am nördlichen Alpenrande östlich vom Bodensee.

Den lehrreichsten Aufschluss über die zunächst in Vergleich zu ziehenden Verhältnisse der Schweizer Molasse gewinnen unsere Untersuchungen im Westen in der durch den sehr ausgedehnten Bergbau behufs der Gewinnung von Pechkohlen besonders in neuester Zeit ausgiebig aufgeschlossenen Schichtenreihe am Südgehänge des Pfänderbergs bei Bregenz (Wirtachtobel), welche, nur durch das breite Rheinthal unterbrochen, eine unmittelbare Fortsetzung der Schweizer Molasse bei Staad am Südrande des Bodensees bildet und weiter in das bayerische Gebiet fortsetzt.

Unterstützt von den eingehenden Mittheilungen des Herrn Markscheiders Braun und den Untersuchungen des Prof. Mayer lässt sich über die hier in verschiedenen Wasserrissen (Tobeln) so zu sagen Schicht für Schicht aufgeschlossenen einzelnen Gesteinslagen ein fast ununterbrochenes Schichtenprofil aufstellen.



I. Profil durch die Molasseschichten von dem Bregenzer-Achthale in nördlicher Richtung bis zum Pfänder.

Der Gipfel des Pfänders und der höchste Bergrücken bestehen aus grober Nagelfluh (1ª des Profils) der oberen Süsswassermolasse, welche am Nordgehänge mit mergeligen

Digitized by Google

und sandigen Schichten mehrfach wechselt und über weite Strecken nordwärts fortsetzt. In solchen Mergelzwischenlagen finden sich nördlich vom Pfänder-Gipfel am Fusse des Buchenbergs zahlreiche Land- und Süsswasserconchylien: ***Helix sylvana***, H. cf. ***Larteti***, ***Clausilia helvetica***, ***Cyclostoma consobrinum*** u. A., durch welche die Zugehörigkeit dieser Schichten zur oberen Süsswassermolasse und den Schichten der ***Helix sylvana*** eine erwünschte Bestätigung erhält.

Es folgen nun unterhalb des Pfändergipfels am südlichen Gehänge in vielfachem Wechsel Mergel und Sandsteinlagen, wie die höheren Schichten in St. 10 NW. einfallend (1^b—1^c). Die tiefsten dieser sandigen Lagen enthalten Blattreste (1^d des Profils.)

2[1]) Unter diesen Schichten liegt nun ein feines, glaukonitisches, zuweilen kalkiges Conglomerat (30 m.) mit spärlichen, aber deutlich erkennbaren Exemplaren von ***Ostrea crassissima***. Damit beginnt in gleichförmiger Lagerung die obere Meeresmolasse, für deren jüngstes Schlussglied das letzte Auftreten der ***Ostrea crassissima*** in unserm Gebiete charakteristisch ist.

3) Unterlagert wird dieses Conglomerat vom wechselnden Sandstein- und Conglomeratbänken (200 m.), in welchen Versteinerungen nicht beobacntet worden sind (3 des Profils).

4) Die tiefsten Lagen dieser Reihe beherbergen ein oft nur in Andeutungen bemerkbares Pechkohlenflötzchen, in dessen Hangendem ***Unionen***, ***Planorbis*** und ***Melania*** in schlecht erhaltenem Zustande vorkommen. Dasselbe Flötzchen von 0,03 m. Mächtigkeit streicht auch im Kesselbach (Grenze gegen Bayern) zwischen Brücke und Neuhaus aus. Das Liegende bilden wieder Sandsteine und Conglomerate (5 m.).

5) Harte dickgeschichtete graue Sandsteine (3 m.), in welchen vielfach Steinbrüche angelegt sind, enthalten zahlreiche Versteinerungen, besonders ***Pecten opercularis***, ***Cardium***

1) Diese Zahlen entsprechen den Zahlen des Profils I.

Digitized by Google

hians, *Cardita Jouannetti*, *Tapes helvetica*, *Cypricardia coralliophora*, *Thracia plicata*, *Pinna Brocchii*, *Trochus patulus* u. A.

6) Darunter folgt (20 m.) ein graues Conglomerat mit schlecht erhaltenen Conchylienresten, namentlich mit *Ostrea molassicola*, *Nautilus* spec., *Trochus patulus*, *Turritella turris* u. A.

7) Grauer, meist feinkörniger Sandstein (50 m.) geht nach unten in bräunliche Schichten über und enthält spärliche Versteinerungen: *Pholas rugosa* (in einer oberen Lage häufig), *Tapes helvetica* und Austernschalen. Im Fortstreichenden dieser Schichten liegen die grossen Sandsteinbrüche bei Bregenz.

8) Rothes, grobes, sehr festes Conglomerat (14 m.) scheint keine Versteinerungen zu enthalten.

9) Grauer Sandstein mit *Cardien*, *Pectunculus*, *Tapes*, *Trochus*, *Turritella* (25 m.) zeichnet sich durch den Reichthum an kleinen Cardien (*C. multicostatum*) besonders aus.

10) Region des Wirtachtobeler Pechkohlenflötzes besteht im Hangenden aus Mergel (2 m.) mit *Melania Escheri*, *Helix* cf. *pachystoma*, *H. osculum*, *H.* cf. *Zelli*, *Glandina inflata*, *Unio* cf. *flabellatus*, *Chara*-Samen und Pflanzenabdrücken.

Das Kohlenflötz, welches aus mehreren, oft vier Bänken, darunter 2 Hauptkohlenbänken zusammengesetzt ist, besitzt in seinen guten Theilen eine Kohlenmächtigkeit von 0,48 m. und eine Gesammtflötzöffnung von 1 m., verschwächt sich aber namentlich gegen NO. und wird endlich unbauwürdig, so dass es bei dem in neuester Zeit in grossartigster Weise wieder aufgenommenen Bergbaubetrieb mittelst schwebenden Strecken nur stellenweise abgebaut werden konnte. Der tiefe, vom Bodensee aus bei Bregenz getriebene Stollen erreichte mit der auf dem Flötze selbst getriebenen Grundstrecke eine Länge von nahezu 5 km. und schloss das Flötz mit einer flachen Pfeilerhöhe von gegen 700 m. auf. Leider hat die

Digitized by Google

Unbeständigkeit der Flötzmächtigkeit wieder zum Aufgeben dieses interessanten Bergbaus gezwungen. Das unmittelbar Liegende des Flötzes bildet Mergel oder stellenweise ein bituminöser Süsswasserkalk, sog. Stinkstein, in welchem der Stosszahn eines *Mastodon* gefunden wurde. Darunter folgt dann grauer Sandstein ohne organische Einschlüsse (10 m.). Das Streichen des Kohlenflötzes ist noch St. 4 und das Einfallen conform mit jenem der Schichten des Pfänderberges überhaupt in St. 10 nach NW. unter 20° gerichtet.

11) Unmittelbar unter dieser kohlenführenden Region legt sich ein sehr bemerkenswerthes, grobes, z. Th. röthlich gefärbtes Conglomerat an. Dasselbe geht in der Nähe des sogenannten Wirtachtobelstollens unterhalb des Pfarrhauses von Fluh wie bei der Villa Racinsky in Bregenz, dann am Südgehänge des Gebhardsberges, an der Strasse von Bregenz nach Kennelbach, an dem Eisenbahneinschnitte bei Rieden, am Felsenthor des Wirtach- (Wirta-) Tobels und an zahlreichen anderen Stellen zu Tag aus. Darin findet sich eine grosse Anzahl z. Th. gut erhaltener, z. Th. vertrümmerter Schalen verschiedener Austernarten, namentlich *Ostrea crassissima* (tiefstes Auftreten) neben *O. virginiana*. *O. giengensis* und Fischzähne.

Nach unten wechsellagert dieses meist über 100 m. mächtige Nagelfluhconglomerat mit plattigem Sandstein und geht schliesslich in

12) grossbankige glaukonitische Sandsteinlagen über, welche nur vereinzelte Austernschalen und *Panopaea Menardi* einschliessen.

13) Unter diesen liegenden Sandsteinen folgt weiter eine Reihe grossen Theils plattiger Sandsteine von grauer und röthlicher Färbung im Wechsel mit Zwischenlagen von Mergel und mergeligen Sandsteinen, welche im Ganzen der Region der Blättermolasse der unteren (oligocänen) Süsswasserschichten entsprechen. Der Mangel an organischen Einschlüssen oder

Digitized by Google

ihre grosse Seltenheit, sowie auch die durchweg gleichförmige Lagerung erschwert hier eine schärfere Scheidung. Am Gehänge des Bregenzer Achthales fand sich bei Ebnet neben anderen Blattresten auch *Cinnamomum Scheuchzeri*.

Die in diesem mächtigen Schichtencomplexe des Pfänderberges aufgefundenen organischen Ueberreste sind nicht zahlreich genug, um ein abschliessendes Urtheil über die nähere Stellung der verschiedenen Lagen namentlich in Bezug auf die früher angeregten Fragen zu fällen. Doch lässt sich soviel mit Sicherheit entnehmen, dass über einem Complex grauer z. B. blättriger Sandsteine, welche der unteren Süsswassermolasse nach oben direkt in gleichförmiger Lagerung sich anschliessen, eine jüngere marine Schichtenreihe in ihren tiefsten Lagen mit conglomeratartigen Bänken beginnt, welche neben anderen Austernarten bereits *Ostrea crassissima* beherbergt und trotz der grossen Entfernung den tiefsten Lagen in der Hornerbucht in auffälliger Weise gleicht. Das erste Auftreten dieser Auster kennzeichnet, wie in allen weiter östlich liegenden Fundstellen, die tiefste Region der oberen Meeresmolasse.

Ueber dieser ersteren Stufe stellt sich eine mächtige Reihe von marinen Sandsteinen und Conglomeraten ein, welche durch die Zwischenlagerung mehrerer Süsswasserschichten und Kohlenflötzen sich besonders bemerkbar macht. Wir werden später sehen, dass diese Bildung die Stelle einnimmt, welche weiter im Osten z. Th. durch *Bryozoën*-führende Sandsteine und Sandbänke ersetzt wird.

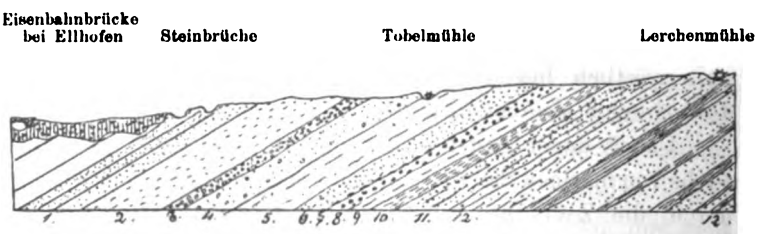
Ein weiterer im Hangenden folgender Complex zeichnet sich durch seinen Reichthum an organischen Einschlüssen aus und stellt sich auch petrographisch der sog. St. Gallener Molasse gleich. Sehr bemerkenswerth ist es, dass diese meist sandige Meeresmolasse nach oben von einem feinen, glaukonitischen Conglomerat abgegrenzt wird, welches gleichfalls *Ostrea crassissima* enthält. Es ist dies in unserem

Digitized by Google

Gebiete das letzte, höchste Auftreten dieser Austerart. Wir erinnern hier an ein ähnliches Verhältniss, welches auch in den Miocänablagerungen des Rhonethales sich herausgestellt hat.

Die noch höher liegenden Conglomerate und Mergel entsprechen nach den zureichend scharf orientirenden Versteinerungen am Buchberg zweifelslos der oberen Süsswassermolasse und der *Helix sylvana*-Stufe.

Derselben Schichtenfolge begegnen wir auch in dem nahezu senkrecht auf das Streichen der Schichten verlaufenden Grenzgraben (Kesselbach) bei Scheffau, in welchem das Ausstreichende der beiden im Pfänderprofil erwähnten Pechkohlenflötze gleichfalls bekannt ist, dann im Hausbachtobel bei Weiler zwischen der Kapf- und Trogener-Mühle und im Ellhofener Tobel zwischen der Eisenbahnbrücke und der Lerchenmühle.



II. Profil durch den Ellhofener Tobel bei Simmerberg (nach der Linie des Einfallens reduzirt) 1:50000.

Hier[1]) treten unterhalb der Eisenbahnbrücke Conglomerate, Sandsteine und Mergel wie am Pfänderbergrücken an seinem nördlichen Abfalle zu Tag. Erratischer Schutt überdeckt den direkten Anschluss an die zunächst oberhalb der Brücke blossgelegten Schichten, wo vier grosse Steinbrüche behufs Gewinnung grosser Platten und des Materials zur Herstellung von Wetzsteinen im anscheinend versteiner-

1) Gümbel, Geogn. Beschr. d. bayr. Alp. S. 784.

Digitized by Google

ungsleeren Sandstein angelegt sind. Ihr Liegendes (2 des Profils) wird von glaukonitischer, im Ganzen versteinerungsarmer Meeresmolasse gebildet, der nach unten eine Conglomeratbank mit *Ostrea crassissima* (oberes Auftreten) folgt (3). Grobkörnige Sandsteine, z. Th. in kleinkörnige Conglomerate verlaufend (4), dann glaukonitische harte Meeresmolasse (5) und weichere Sandsteine (6) machen das Liegende aus. In diesem Schichtencomplexe finden sich zahlreiche Versteinerungen, namentlich *Ostrea digitalina*, *O. caudata*, *Anomia costata*, *Cardita Jouannetti*, *Cardium turonicum*, *C. Sturi* und nicht selten *Lamna*-Zähne.

Ein schwaches Kohlenflötzchen (0,03 m.), der Stellvertreter des Wirtachflötzes, liegt dicht über der tieferen Conglomeratbank, welche der Nagelfluh des Gebhardsberges entspricht (7 und 8). Darunter stellen sich erst glaukonitische Sandsteine (9), dann glimmerreiche, schiefrige Sandsteine (10) mit *Ostrea crassissima* (erstes Auftreten) und *Pecten palmatus* ein, denen noch tiefer harte plattige Sandsteine von der Art der Blättermolasse (11) und dann in vielfachem Wechsel grauer Sandstein und Mergel (12) zur Unterlage dienen. Alle Schichten fallen unter sich gleichförmig in St. 9—10 mit 20—25° nach NW. ein.

Es zeigt sich in diesem Profile bei relativ geringem petrographischem Wechsel dieselbe Schichtenaufeinanderfolge, wie am Pfänder.

Nordöstlich von Harbatzhofen sind grosse Steinbrüche auf den unteren Schichten der oberen Meeresmolasse angelegt. Daraus führt Haushalter[1]) folgende Versteinerungen an: *Rhinoceros eurydactylus* (*? incisivus*), *Ardeacites mollassicus*, Fischzähne: *Lamna cuspidata*, *L. dubia*, *L. crassidens*, *L. denticulata*, *L. complanata*, *Hemipristis serra*, *H. paucidens*,

1) Inaug.-Diss.: Merkwürdige fossile Thierreste aus der Algäuer Molasse, München 1855.

Digitized by Google

Myliobates goniopleurus, M. punctatus, M. Toliapicus, Zygobates Studeri, Z. Woodwardi, Aetobates arcuatus, ausserdem Flossenstacheln von *Myliobates Oweni, M. canaliculatus, N. Toliapicus, M. lateralis* und *Pecten Zieteri* (wahrscheinlich *P. rotundatus Lam.*), eine im Allgemeinen der bekannten Fauna von Baltringen analoge Gruppe von Versteinerungen.

In nordöstlicher Richtung streicht der Zug der oberen Meeresmolasse in fast gleicher Zusammensetzung ununterbrochen bis zum Illerthal bei Kempten. Hervorzuheben ist in diesem Striche noch besonders das Profil im oberen Argenthale bei Schüttentobel,[1]) wo in der Meeresmolasse unter dem Conglomerate mit *Ostrea crassissima* (erstes Auftreten) *Cerithium margaritaceum* vielleicht nur auf sekundärer Lagerstätte oder analog dem Vorkommen dieser Art in den tiefsten Horner Schichten gefunden wurde.

Auch in der breiten Eintiefung der Weitnau stehen am Südfusse des Sonneneckbergs die Nagelfluhbänke mit *Ostrea crassissima* an, welche sich unerwartet am Nordgehänge des südlicher gelegenen Hauchenbergs wieder erheben. Es scheint demnach hier eine Schichtenverrückung zwischen beiden Fundpunkten vorzuliegen, was um so wahrscheinlicher ist, als über dem Rücken des Hauchenberges bereits die grosse aus der Schweiz nach Bayern fortsetzende Antiklinallinie[2]) hinwegzieht.

Oestlich vom Illerthale, da wo dasselbe bei Kempten von der grossen alpinen, aus dem Lech- durch das Vilsthal über Pfronten und Nesselwang streichenden Dislokationslinie durchkreuzt wird, ändert sich ganz plötzlich die bisherige SW.—NO. Streichlinie in eine fast rein westlich-östliche und es tritt von hier an der Zug der Meeresmolasse in ein Gebiet ein, in welchem leider selten mehr zusammenhängende

1) Gümbel l. c. S. 783. — 2) Das. S. 740.

Digitized by Google

Profile aufzufinden sind. Gleich östlich von der Iller nahe bei Kempten lassen die zwischen den weithin sich verbreitenden, meist glacialen Schuttmassen zu Tag tretenden und durch einige Steinbrüche aufgeschlossenen Molasseschichten die Grossartigkeit der gerade hier durchstreichenden Gebirgsstörungen wahrnehmen. Die Schichten sind nicht nur steil aufgerichtet, sondern auch von zahlreichen Rutschflächen durchzogen, zerstückelt und vielfach verworfen. Hier fallen, wie ich dies schon in meiner Beschreibung des bayerischen Alpengebirgs (S. 785) angegeben habe, die Steinplatten besonders ins Auge, welche mit *Bryozoën* erfüllt sind. In der Nachbarschaft stehen, bei Thannen durch Steinbrüche aufgeschlossene Molassesandsteine mit nördlichem Einfallen an, welche zahlreiche Versteinerungen enthalten, aber bezüglich ihrer relativen Stellung zu den Bryozoënschichten keine sichere Anhaltspunkte liefern.

In dem weiteren östlichen Verlaufe gehen die Conglomerate der oberen Meeresmolasse wieder an der Bergmühle bei Leuterschach unter 60° nach N. einfallend zu Tag aus und gabeln sich von hier aus gegen den Auerberg zu, indem sie sich in zwei Flügel theilen, in einen nördlichen Zug — Riedern, Lettele, Sachswald mit nördlichem Einfallen und in einen südlichen Zug — Stetten, Bichel, Auerberg, Bernbeuern mit südlichem Einfallen. Die dazwischen eingekeilten Schichten sind meist nahezu horizontal gelagert. Auf dem südlichen Flügel ist ein guter Aufschluss zwischen Stetten und Oberkehlen aufgedeckt. Hier trifft man zwischen den in einen felsigen Vorsprung in Unterkehlen ausstreichenden glaukonitischen, conglomeratartigen Sandsteinen und dem Glaukonit-Conglomerat bei Bichel mit *Ostrea crassissima* (oberes Auftreten), *O. gryphoides*, *Pecten opercularis* und vielen Haifischzähnen zunächst blättrige Sandsteine mit *Bryozoën* und dann lockere, glimmerreiche Sande und feinkörnige Sandsteine, welche in ihrem östlichen Fortstreichen durch den

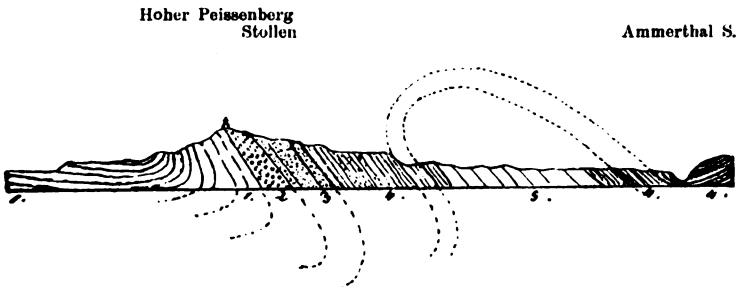
Digitized by Google

Stettener Graben aufgeschlossen, hier einen grossen Reichthum an Versteinerungen erkennen lassen. Es nehmen also auch hier die *Bryozoën*-Schichten und die besonders versteinerungsreichen glaukonitischen Sande die Mittellage zwischen einer oberen und unteren meerischen Conglomeratbildung ein. Aus dieser Mittelregion stammen namentlich *Cardium saucatsense*, *C. echinatum*, *Cardita Jouanetti*, *Cytherea albina*, *Mactra solida*, *Venus umbonaria*, *Tapes vetula*, *Trochus patulus*, *Cerithium papaveraceum* u. A.

Im weiteren Verfolgen dieser Züge treffen wir die beiden Flügel der oberen Meeresmolasse wieder vereinigt im Lechthale bei Riesen und von da weg mit NO. Wendung über das Bülach bei Peiting zum hohen Peissenberg streichend an vielen Stellen auf dem südlichen Gehänge des letzteren. Die glaukonitisch kalkige Conglomeratschicht geht zwischen Hötten und Hanselbauer zu Tag, wurde durch den Bergbau im sogenannten Wasserstollen und Sulzerstollen aufgeschlossen und im Ausgehenden auch an der oberen Schweig sowie bei dem Eberlbauern bekannt. Hier besitzt sie in überkippter Lagerung ein südliches Einfallen und bildet mithin das scheinbare Liegende der durch Bergbau in grosser Ausdehnung aufgeschlossenen, zunächst älteren oberoligocänen Cyrenenmergel mit Pechkohlenflötzen.

Es wurde mit dem Hauptstollen hier die ganze Schichtenreihe der Region der Pechkohlenflötze bis über 150 m. ins Liegende des letzten, abbauwürdigen Kohlenflötzes Nr. 17 und weit über die durch das erste Auftreten der *Ostrea crassissima* gekennzeichnete jüngere Meeresmolasse durchfahren. Wir haben somit in diesem Querschlage einen vollständigen und unterbrochenen direkten Aufschluss durch den Bergbau vor uns. Es folgen sich hier in überstürzter Lagerung, wenn wir von den weiter vorliegenden Cyrenenmergel- und Sandsteinlagen als bei dieser Schilderung weniger wichtig absehen:

Digitized by Google



III. Profil durch die oberoligocänen und miocänen Schichten am hohen Peissenberg (1 : 50000). 1) Obere Süsswassermolasse; 2) Conglomerat derselben; 3) Zwischenregion mit einer Lage der *Ostrea crassissima*; 4) Cyrenenmergel mit Pechkohlenflötzen; 5) ältere brackische Molasse.

1) Schichtenregion der Flötze Nr. 16 und 17 mit sehr zahlreichen Thier- und Pflanzenresten von Arten, welche vollständig mit denen der übrigen Cyrenenmergel übereinstimmen wie *Cyrena semistriata*, *Cerithium margaritaceum*, *Ostrea cyathula*, *Arca cardiiformis*, *Unio* cf. *flabellatus*, *Thracia parellela*, *Neritina picta*, *Melanopsis Kleini*.

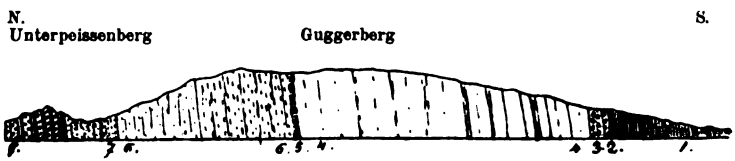
2) Die Zwischenregion in nördlicher Richtung von dem Flötze Nr. 17 auf 62 m. aufgeschlossen, wird von wechselnden Mergel- und Schieferthonschichten mit 6 Kohlenflötzen oder eigentlich Flötzcomplexen (aus mehreren Kohlenbänken bestehend) zusammengesetzt, welche noch wesentlich den Typus der Cyrenenmergel an sich tragen.

3) Unter dieser Zwischenregion legten sich zunächst 6 m. mächtige Sandsteine, soweit der Bergbau erkennen liess, versteinerungsleer, dann weiter 15 m. mächtig Mergel und thoniger Sandstein an, in welchen sehr wohlerhaltene Exemplare von *Ostrea crassissima* angetroffen worden sind. Sandstein und thoniger Mergel bilden weiter das Liegende. Leider wurden bei dem Bergbaubetrieb keine anderen Versteinerungen gesammelt, auch die Schichtenfolge tiefer ins Liegende nicht weiter näher verzeichnet. Die miocäne Schicht mit *Ostrea crassissima* ist hier mithin nur durch sandige

Digitized by Google

Lagen, die nur ganz geringe Mächtigkeit besitzen, von den Cyrenenmergeln getrennt.

Diesem Bergbauaufschlusse steht eine Entblössung der Schichten in dem langgezogenen Bergrücken östlich vom Peissenberg, dem sogenannten Guggerberg, ergänzend zur Seite. In der sogenannten Habergasse, die vom Dorfe Unterpeissenberg in S. Richtung über den Guggerberg führt, sind die steil, meist unter 80—85° nach S. geneigten Schichten gleichfalls in überkippter Lagerung fast Schicht für Schicht entblösst.



IV. Profil der Schichten des Guggerbergs am hohen Peissenberg.
(Erklärung der Nummern im Texte.)

Zunächst von S. nach N. fortschreitend begegnet man folgenden Schichtenreihen:

1) Cyrenenmergeln und Sandsteinen mit Pechkohlenflötzen,

2) grobkörnigem, weissem Sandstein mit *Pecten burdigallensis*, *Arca cardiiformis* etwa 60 m. im Liegenden des Kohlenflötzes Nr. 17, das hier überdeckt ist (2 m.);

3) Mergeln und glaukonitischem Sandstein mit *Ostrea crassissima*, *O. gryphoides*, *Pecten Justinianus*, *Lamna*-Zähnen (10 m).

4) Mergeliger, meist glaukonitischer Sandstein und Schieferthone bilden in vielfachen Wechsellagerungen den nächsten, gegen 170 m. mächtigen, versteinerungsreichen Schichtencomplex. Am häufigsten finden sich hier *Corbula gibba* und *Natica helicina*. Dazu kommen *Pyrula condita*, *Conus canuliculatus*, *Turritella turris*, *Trochus patulus*, *Arca girondica*,

Digitized by Google

Dentalium brevifissum, *Rhynchonella bipartita*, *Ceratotrochus* 12-*costatus* und *Bryozoën*.

Es wird durch diese Schichten die Mittelstufe der jüngeren Meeresmolasse wie am Pfänder repräsentirt.

5) Fester, grobkörniger Sandstein, meistentheils mit Glaukonit und voll von abgerollten und zerbrochenen Muschelschalen und Korallenstücken besitzt eine Mächtigkeit von 2 m. und eignet sich wegen seiner Festigkeit vortrefflich als Baustein. Der schlechte Erhaltungszustand der eingeschlossenen organischen Ueberreste verhindert leider eine genaue Bestimmung derselben; doch sind *Cardium hians*, *Cardita Jouannetti* und eine Art von *Stephanocoenia* darunter mit Sicherheit zu erkennen.

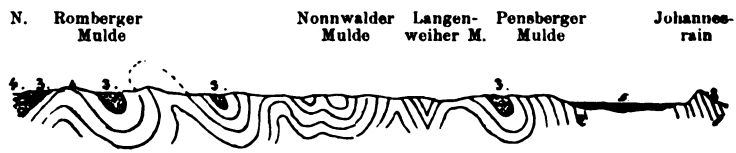
6) Das Liegende wird von einem lockeren, glaukonitischen Sandstein mit Zwischenlagen von Thonmergel als jüngstes Glied der oberen Meeresmolasse in einer Mächtigkeit von beiläufig 110 m. gebildet. Die vorkommenden Versteinerungen in dem nur dürftigen Aufschlusse neben dem Wege sind meist Steinkerne mit weisser, leicht abfallender Kalkschale und gestatten keine sichere Artbezeichnung. Doch stimmt der Typus im Allgemeinen mit jenem der jüngeren marinen Schichten am Pfänder überein.

7) Weiter nördlich liegen dann zunächst am Nordfusse des Guggenbergs und gegen das Dorf Unterpeissenberg marmorirte, graue und gelblich gefleckte Mergel, dünnbänkige, glimmerreiche Sande und mit beiden wechselnd mächtige Nagelfluhbänke der oberen Süsswassermolasse vor.

Oestlich von diesen Aufschlüssen am Peissenberg, welche sich an der Ammer bei dem Berghof wiederholen, bedeckt Schutt und Geröll auf weite Strecken das ältere anstehende Gestein. Es tauchen zwar einzelne Schichtenköpfe der Miocänmolasse, z. B. am Schweighof S. vom Ostersee und innerhalb mehrerer Falten die bei Pensberg in mindestens sechs eng zusammengebogenen Sätteln und Mulden aufgerichteten,

Digitized by Google

oberoligocänen, an Pechkohlenflötzen reichen Cyrenenmergel auf, aber ihr Lagerungsverhältniss zu den älteren Schichten ist nicht so deutlich aufgeschlossen, um hier näher erörtert zu werden. Das Wesentlichste lässt sich aus dem nachstehenden Profile ersehen.



V. Profil der durch Bergbau direkt aufgeschlossenen oberoligocänen und untermiocänen Schichten bei Pensberg. 1) Aeltere Schichten der oberoligocänen Molasse; 2) jüngere Schichten der oberen oligocänen Molasse; 3) untere miocäne Meeresmolasse; 4) jüngere miocäne Molasse.

An der Isar treten Schichten der oberen Meeresmolasse dicht am Flussufer auf eine kurze Strecke zu Tag, gewähren aber keine besonders lehrreichen Aufschlüsse, ebensowenig wie die Entblössungen im Mangfallthale bei der Reisachmühle und unterhalb der Jedlingermühle im Leizachthale.

Desto grössere Interessen nehmen die Aufschlüsse im Kaltenbach, der aus der Nähe des Leizachthales bei Miesbach nahezu in der Streichrichtung der hier vielfach zu Tag ausgehenden oberen Meeresmolasse bis Tödtendorf bei Aibling fortzieht, für sich in Anspruch, umso mehr, als dies diejenige Fundstelle ist, von welcher K. Mayer in seiner Klassifikation der Tertiärschichten vom Jahre 1868 ausdrücklich die Zugehörigkeit zu den drei tiefsten Miocänstufen annimmt, nämlich zum

1) oberen Helvetien, St. Gallener Schichten: Schichten mit *Ostrea crassissima* aus dem Kaltenberg;

2) mittlere Helvetien, Serravaller Schichten: Molasse mit grünen Körnern (Glaukonit) vom Kaltenbach und zum

Digitized by Google

3) Langhien im Allgemeinen:

blaue marine Mergel von Kaltenbach, von Prien, Traunstein, Mähring gleichheitlich mit den Schichten von Ortenburg, mit dem Schlier, den Schichten von Eggenburg und Gauderndorf.

Leider ist hier an keiner Stelle ein direkter Anschluss der tiefsten miocänen Meeresschichten und der hangendsten Oligocänenmergel entblösst. Bei den vielfachen Krümmungen des Baches, bei den nicht seltenen Schichtenumbiegungen und mehrfachen Unterbrechungen durch überdeckendes Geröll, Schutt und Kalktuff hält es überhaupt schwer, die einzelnen hangenderen und liegenderen Schichten genau auseinander zu halten.

Was nach wiederholtem Besuche und sorgfältiger Vergleichung der topischen Situation hier festzustellen ist, lässt darüber keinen Zweifel, dass die den ganz in der Nachbarschaft der behufs Bebauung und Gewinnung der Pechkohlenflötze durch Stollenbau und zahlreiche Schürfe bei Unterhofen, in Kemathen, bei Weihermann, am Eckersberg, im Leizachthale bei Gr. Schwaig (Flötz Nr. 21) aufgeschlossenen Cyrenenmergeln zunächstliegende Schichten des Kaltenbachs aus jenen glaukonitischen, oft trümmerigen groben Sandsteinen oder conglomeratartigen sandigen Lagen mit grünlich überzogenen, meist aus Quarz bestehenden Rollstückchen bestehen, wie solche überall zunächst an die tiefere, brackische, oberoligocäne Molasse angeschlossen sind und durch einen grossen Reichthum an freilich nicht immer gut erhaltenen, organischen Einschlüssen sich auszeichnen. Die Schichten fallen hier durchschnittlich ziemlich steil (65—70°) conform mit den benachbarten Cyrenenmergeln bei ungestörter Lagerung zwischen St. 11—1 südlich ein und machen einige Faltenbiegungen, sind aber insbesondere in Folge von Unterwaschungen oft zusammengestürzt oder es ist durch erratischen Schutt der ununterbrochene Anschluss der verschiedenen Schichten an vielen Stellen verdeckt.

Digitized by Google

Sieht man von diesen Störungen und Unterbrechungen ab, so ergibt sich als dem jüngsten Pechkohlenflötz der Cyrenenmergel auf etwa 350 m. Entfernung zunächst liegende, zu Tag ausstreichende älteste Schicht der oberen Meeresmolasse (soweit der Aufschluss hier reicht) jener glaukonitische, grobe, trümmerige Sandstein zwischen Harrain und Gern, in welchem bis jetzt folgende organische Ueberreste aufgefunden wurden:

Pecten solarium (gigas)
Arca sulcicosta
Arca Fichteli
Pectunculus pilosus
„ *polyodonta*
Limopsis aurita
Nucula cf. *concava*
Leda nitida
Cardium aculeatum
„ *echinatum*
„ *cingulatum*
„ *Kuebecki*
Isocardia transversa
Lucina spuria
Cytherea Brocchi
„ *erycina*
Mactra triangulata
Dentalium brevifissum
Natica helicina
Nerita Plutonis
Trochus cingulatus
Turritella turris
Pleurotoma terebra
Oliva flammulata
Fusus semirugosus.

Indem wir dieses Profil weiter bachabwärts verfolgen, begegnen wir zuerst glaukonitischen, mergeligen Sanden und Sandsteinen mit Mergelzwischenlagen, welche unter die ebengenannten Lagen zwar einschiessen, aber trotzdem, weil die Schichten in überstürzter Lagerung sich befinden, als die relativ jüngeren Schichten anzusehen sind. Um die Aufeinanderfolge der Schichten nach ihrem relativen Alter nicht zu verwirren, soll im Folgenden die Lagerung in ihrem ursprünglichen Verhältniss zurückversetzt angenommen werden und daher die liegenden Lagen als die jüngeren gemäss ihrer thatsächlich überkippten Schichtenstellung bezeichnet werden.

Dieser zweite beträchtlich (beiläufig 500 m.) mächtige Schichtencomplex, der besonders in dem Wasserrisse des dem

Digitized by Google

Kaltenbach benachbarten und in ihn einmündenden Eulenbachs ziemlich vollständig aufgeschlossen ist, beherbergt eine an Exemplaren, aber nicht an Arten reiche marine Fauna, namentlich mit *Corbula gibba*, *Natica helicina*, *Tellina Schoeni*, *Cardium edule*, *C. turonicum*, *Venus Haindingeri*, *Pinna tetragona*, *Leda nitida*, *Lucina spuria (borealis)*, *Solenomya Doderleini*, *Turritella turris*, *Pleurotoma asperulata*, *Trochus patulus*.

Es sind hier nur diejenigen Funde aufgeführt, welche aus anstehenden Schichten gesammelt wurden mit Ausschluss der in herabgebrochenen Gesteinsbrocken etwa im Bachbette angetroffenen Exemplare, unter denen selbst zweifellos oligocäne Arten sich finden.

So gering auch die Anzahl der aufgeführten Arten ist, so lässt sich doch aus ihnen der Schluss ziehen, dass sie der Fauna der sandigen Ablagerungen des Wiener Beckens von Grund und dem St. Gallener Muschelsandstein entsprechen. Besonders bemerkenswerth ist das Vorkommen von *Solenomya Doderleini* in diesen relativ jungen Schichten.

Dieser sandig-mergeliger Schichtencomplex wird an der Einmündung des Eulenbachs in den Kaltenbach von einem ziemlich groben Conglomerat begrenzt, welches mit sandigen Bänken und Mergeln wechselnd stellenweise grosse Schalen der *Ostrea crassissima* beherbergt. Es ist dies diejenige Lage, welche K. Mayer in seinen synchronistischen Tafeln in das oberste Helvetien (Couches à *Ostrea crassissima* du ravin de Kaltenbach près de Rosenheim) eingereiht hat.

Eine im letzten Sommer unternommene Begehung dieser Gegend hat zu einer sehr interessanten Entdeckung geführt. Es fand sich nämlich in einem erst ganz neuerdings aufgeschlossenen Steinbruche fast unmittelbar an dieser Conglomeratbank eine kalkige, ungemein feste Molasse, im Aussehen den Eggenburger Schichten ähnlich, in welcher einzelne Lagen mit brackischen Conchylien der Kirchberg-

Digitized by Google

Schichten und zwar mit *Dreissenia claviformis*, *D. amygdoloides* und *Melanopsis impressa* erfüllt sich zeigten. Damit ist nunmehr der Horizont der Kirchberger Schichten als unmittelbar jüngere Ablagerung über der Austernbank auch am Alpenrande nachgewiesen.

Weiter nach Norden folgt darauf bald die nahezu horizontal lagernde jüngere Süsswassermolasse mit ihren gelb und grünlich marmorirten Mergel- und Conglomeratbänken.

In dem bergigen Vorlande östlich vom Innthale zwischen Inn, Simm- und Chiemsee gewinnen die jüngeren marinen Molasseschichten theils in Folge flacherer Lagerung, theils in Folge vielfacher Faltelungen die beträchtliche Breiteausdehnung von beiläufig 5 klm. Gleichwohl lassen sich hier ununterbrochen fortlaufende Profile nicht auffinden, obgleich es an interessanten Einzelaufschlüssen nicht mangelt.

Zunächst ist hervorzuheben, dass die östliche Fortsetzung des Zuges der oberoligocänen Cyrenenmergel zwischen Innthal und Chiemsee durch sehr zahlreiche Bergbauaufschlüsse und Tagentblössungen nachgewiesen ist, wie z. B. bei Lauterbach, Wildenwarth, Dösdorf, Weisham und im Stettener Graben bei Bernau. Die Grenzlinie gegen die obere Meeresmolasse verläuft vom Tinninger See über Wall, Mühlthal im Prienthale und N. von Urschalling nach Harras am Chiemsee.

Zunächst N. von dieser Linie wurden die an ihrer trümmigen Beschaffenheit petrographisch leicht kenntlichen, tiefsten Lager der oberen Meeresmolasse (erstes Auftreten der *Ostrea crassissima*) an vielen Punkten von Herrn Ass. von Ammon aufgefunden, unter andern im Graben S. von Esbaum und im Prienthale N. von Kallenbach (hier mit 68° in St. 10 nördlich einfallend). Die nördlich vorgelagerten jüngeren Schichten, welche an sehr zahlreichen Stellen dieser Gegend in Bachrinnen blossgelegt sind, bestehen aus glaukonitischem, mergeligem, theils festem, theils weichem Sand-

Digitized by Google

stein und Sand in vielfachem Wechsel mit in feuchtem Zustande dunkelgrauem, ausgetrocknet lichtgrauem, sandig glimmerhaltigem Mergel. In der mittleren Region dieser Schichten kommen in grosser Menge *Ostrea giengensis* und *Ostrea crassissima* vor, welche am südöstlichen Ufer des Simmsee ausgespült angetroffen und anstehend in der Steilwand hinter der Mühle von Unterachthal gefunden werden. Unter den begleitenden Versteinerungen, welche wegen der harten Beschaffenheit des Gesteins schwierig in bestimmbaren Exemplaren zu erhalten sind, zeichnen sich durch ihr häufiges Vorkommen besonders *Corbula gibba*, *Tellina compressa*, *Modiola barbata*, *Leda clavata*, *L. nitida*, *Mactra triangula*, *Mytilus fuscus*, *Dreissenia spathulata*, *Natica helicina*, *Turritella turris* u. A. aus.

Am Ausgange des Thalkirchener Achenthales stehen unterhalb des Kreuzbichels glaukonitische, gelbverwitternde Sande mit einzelnen festeren, in Conglomerat übergehenden Bänken der Meeresmolasse in ganz schwach nach N. gerichteter Neigung an. Diese Sande umschliessen eine grosse Menge fast durchwegs zertrümmerter und abgerollter Ueberreste von Versteinerungen. Darunter sind kenntlich: *Ostrea crassissima*, *O. digitalina*, *Pecten Holgeri*, *P. scrabriusculus*, *P. pusio*, *Balanus stellatus* und Korallenstücke.

Gleich jenseits des Thals bei Antwort streichen bereits die marmorirten Mergel der oberen Süsswassermolasse zu Tag.

Im Prienthale, welches von Prien gegen Wildenwarth die Schichten quer durchscheidet, zeigen sich die glaukonitischen Sandsteine und Mergel nördlich von der Stelle, an der die tiefsten Lagen der jüngeren Meeresmolasse ausstreichen, in sich wiederholenden Sätteln und Mulden gefaltet und sehr versteinerungsarm. Bei Prien an dem grossen Wehr und gegenüber unter St. Sebastian stehen ziemlich weiche, mergelige Glaukonit- und Glimmer-haltige Sandsteine an, in welchen einige Versteinerungen vom Typus der Ottnanger-Fauna, wie *Tellina*

Digitized by Google

ottnangensis, *Lucina Dujardini*, *Lucina Wolfi*, *Leda clavata* gefunden worden sind. In Prien selbst in der Nähe der Brücke nach St. Salvator gehen neben der Strasse hellgraue Mergel zu Tag, welche nicht nur petrographisch, sondern auch nach ihren organischen Einschlüssen dem Ottnanger Mergel zum Verwechseln ähnlich sind. Es kommen darin nebst den so eben bezeichneten Arten noch die typische *Bryssopsis ottnangensis* und Schuppen von *Meletta sardinites* vor, wodurch wohl der Charakter der Ottnanger Schichten, wie bei Traunstein, sichergestellt wird. Diese Mergel liegen hier weit in der hangendsten Region der marinen Schichten.

Auch auf Herrenchiemsee sind die jüngeren marinen Ablagerungen mächtig entwickelt. Die ältesten Conglomerat-artigen Trümmersandsteine habe ich in meiner geognostischen Beschreibung der bayerischen Alpen (S. 775) näher geschildert. Durch den neueren Schlossbau wurden auch die von Schutt überlagerten und früher verhüllten hangenden Mergellagen an mehreren Stellen aufgedeckt. Sie bestehen aus lichtgrauen, etwas sandigen, z. Th. glaukonitischen Mergeln, welche schwach mit 10—15° N. einfallen. Es finden sich hier in manchen Lagen gruppenweise zusammenliegend zahlreiche Exemplare von *Corbula gibba*, ausserdem in einzelnen Exemplaren *Leda pellucida*, *Nucula Mayeri*, *Lucina Sismondae*, *L. Dujardini*, *Fusus intermedius*, *Pleurotoma rotulata* und in grösserer Menge *Natica helicina*. Es ist bemerkenswerth, dass gerade diese weichen Mergel auf der von wenig mächtigem erratischem Schutt überdeckten Insel erhalten geblieben sind. Es liesse sich dies nicht erklären, wenn man den Chiemsee überhaupt als eine durch Gletscher ausgefurchte Vertiefung annehmen wollte.

Vom Chiemsee ostwärts sind auf weite Strecken hin die jüngeren tertiären Ablagerungen meist mit erratischem Schutt überdeckt. Erst im Traunthale begegnen wir S. von Traun-

Digitized by Google

stein und in Traunstein selbst ziemlich reichlich zu Tag tretenden Schichten. Von diesen gehören die plattigen Sandsteine an der Brücke bei Siegsdorf mit *Meletta* cf. *crenata*, *Palaeorhynchus giganteus*, *Alosima salmonea* der dem Flysch und den älteren Schichten zunächst angelagerten oligocänen Stufe, die an marinen Versteinerungen reichen Mergel des Thalberggrabens der mitteloligocänen Molasse und die weiter abwärts lagernden Mergel-, Sandstein- und Conglomeratbänke den oberoligocänen Cyrenenschichten mit einem auch hier noch durch Aufschürfungen bekannt gewordenen Pechkohlenflötzchen an. Ungefähr Seiboldsdorf gegenüber treten unter der grossartigen Schuttüberdeckung einzelne Schichtenköpfe der glaukonitischen, trümmerigen, oft conglomeratartigen jüngeren Meeresmolasse in ihren ältesten Lagen zu Tag. Thalabwärts folgen dann im Röthelbachgraben, unterhalb der Haslachermühle und an zahlreichen Stellen der Wasserleitung des Steinbachs meist lichtfarbige Mergel, welche bis in die Stadt Traunstein — hier noch zwischen der Hammer- und der Eisenbahnbrücke entblösst — mit schwachem nördlichem Einfallen anhalten. Aus diesen hangendsten, hellgrauen, dem Ottnanger Mergel täuschend ähnlichen Schichten stammen die ziemlich zahlreichen Versteinerungen, welche ich bereits schon früher[1]) angegeben habe und deren Zahl durch einige neuere Funde vervollständigt wurde. Es sind dies:

Aturia Aturi	*Tellina ottnangensis*
Conus Dujardini	*Lucina Dujardini*
Buccinum subquadrangulatum	„ *Wolfi*
Cassis Neumayri	„ *ottnangensis*
Cancellaria Suessi	*Nucula Mayeri*
Pleurotoma rotata	„ *Ehrlichi*
Scalaria amoena	*Leda suffragilis*
Trochus ottnangensis	„ *nitida*
Natica helicina	„ *pellucidaeformis*
Dentalium intermedium	*Arca diluvii*

1) Die geogn. Durchforschung Bayerns, Anhang S. 71.

Digitized by Google

Anatina Fuchsi	*Pinna Brocchi*
Corbula gibba	*Brissopsis ottnangensis*
Mactra triangula	*Meletta sardinites (subsardinites Rz.)*

Dass wir hier eine dem typischen Ottnanger Mergel im Alter gleichstehende Schichtenbildung vor uns haben, ist nicht zweifelhaft. Dagegen ist die zu den tieferen Lagen der oberen Meeresmolasse relativ sehr hohe Stellung dieser Schichten besonders auffallend, um so mehr, als damit auch das gleiche Verhalten der entsprechenden Bildung in Prien übereinstimmt und ausserdem dies auch im Widerspruch mit der bisher angenommenen tiefen Stellung des sogenannten Ottnanger Schliers steht. Es gab diese Thatsache zunächst Veranlassung, die Schichtenfolge und Lagerungsverhältnisse bei Ottnang selbst in das Bereich dieser Untersuchung zu ziehen. Darüber soll später berichtet werden.

Bei Traunstein stossen wir weiter thalabwärts nur auf höchst dürftig entblösste Tertiärschichten, die meist unmittelbar von Blocklehm überdeckt sind. Sie legen sich nahezu horizontal wie beim Klobenstein. Der Mühle im Mühlthale gegenüber findet sich ein grösserer Anbruch in einem glaukonitischen groben Sandstein mit zahlreichen, leider fast durchweg zerbrochenen Meeresconchylien und Korallenresten *(Cladocora* cf. *caespitosa)*. Es ist dieses Vorkommen den Lagen der oberen Meeresmolasse, aber in jenem von dem Alpenrande bereits entfernteren Striche zuzuzählen, in welchem die Schichten aus ihrer horizontalen Lage später nicht wesentlich verrückt worden sind.

Vom Traunthale an in östlicher Richtung keilt sich der ganze oligocäne Schichtencomplex rasch aus und es lehnen sich hier die miocänen Sande direkt an die Nummulitenschichten des Kressenberger Zugs an. Wenigstens wurden im Surthale und in seinen zahlreichen Seitenrinnen nur Sande der oberen Meeresmolasse aufgefunden, wie auch an der Thalmühle, bei Wagneröd, im Lussgraben bei Teisendorf u. s. w. Die

Digitized by Google

Flyschschichten beginnen bereits in dieser Gegend jene höchst auffallende Wendung nach NO. zu machen, welche in Oberösterreich fortsetzt und bewirkt, dass hier die Flyschbildungen im Haunsbergrücken nordwärts bis Dorfbeuern reichend auf 20 km. sich von dem bis dahin eingehaltenen Zuge am Alpenrande entfernen.

Es hängt diese Verrückung mit der grossen Teisendorf-Berchtesgadener Gebirgsspalte zusammen und es scheint damit zugleich der östliche Abschluss des grossen oligocänen, aus der Schweiz hereinragenden Molassebeckens gegeben zu sein.

Die in der Nähe dieses nunmehr nach NO. gewendeten alten Gebirgsrandes abgelagerten Miocänschichten sind in besonders versteinerungsreichen Lagen in dem Hochberggraben, einer Seitenbachrinne des Ententhals bei Mehring, und nach den Untersuchungen von Dr. v. Ammon bei Hainbuck in derselben Thalfurche, sowie bei Wimmern im Surthale unfern Teisendorf aufgeschlossen. Das grünlich graue, mergelige Trümmergestein enthält Glaukonit und viele meist quarzige grössere Rollstücke, welche mit einem grünen Ueberzuge versehen sind. Dr. Thürach fand, dass in dem Schlammrückstande ausser Glaukonit noch Hornblende, Granat, Staurolith (häufig), Turmalin, Zirkon, Disthen und Rutil (selten) den Quarzkörnchen beigemischt sind. Das Gestein gleicht petrographisch vollständig den Schichten, welche bis zu diesem Punkte von Westen her die tiefsten Lagen der oberen Meeresmolasse kennzeichnen. Auf Grund der in dieser Gegend gesammelten Versteinerungen erklärt K. Mayer nach seiner synchronistischen Tertiärtabelle diese Ablagerungen als zu seinem Langhien gehörig. Die organischen Einschlüsse der Mähringer Meeresmolasse sind nach den meist von K. Mayer selbst vorgenommenen Bestimmungen folgende:

Digitized by Google

Eschara monilifera
Cladocora multicaulis
Terebratula grandis (?)
Anomia striatula
Pecten aduncus
„ *opercularis*
„ *Sowerbyi (?)*
Arca diluvii
„ *lactea*
„ *sulcicosta*
„ *turonica*
Venus plicata
Mactra triangula
Corbula gibba
Pectunculus pilosus
Limopsis aurita
Nucula laevigata
„ *nucleus*
Leda pella
„ *minuta*
Cardita Corbis
Cardium multicostatum
Lucina edentula
Diplodonta rotundata
Tellina elliptica
Ensis tenuis
Pholas cylindrica
Dentalium brevifissum
„ *entalis*
„ *gadus*
Vermetus arenarius
Siliquaria anguina
Calyptraea chinensis
„ *deformis*
Natica helicina
„ *Josephinae*
„ *millepunctata*
Trochus Audebardi
„ *cingulatus*
„ *Deshayesi*
„ *patulus*
Turritella cathedralis
„ *Riepeli*
„ *subangulata*
„ *turris*
„ *terebralis*
Cerithium scabrum
„ *subtrochleare*
Ficula clava
Pleurotoma terebra
„ *turricula*
Cancellaria cancellata
Cassis Saburon
„ *sulcata*
Murex lingua bovis
Ranella marginata
Terebra pertusa
Erato laevis
Conus canaliculatus
Mitra fusiformis
Ancilla glandiformis
Bulla lignaria
Lamna contortidens
„ *cuspidata*

Leider sind die nördlich vorliegenden Tertiärschichten bis zur Salzach hin von erratischem und recentem Schutt fast durchweg überdeckt. Kleine Aufschlüsse wie unter dem Mühlberg bei Waging und im Gadener Graben lassen meist horizontal gelagerte, stellenweise etwas aufgerichtete versteinerungsleere oder — arme, mergelige Sandsteine und Sande beobachten. Nur an dem östlichen Steilgehänge des Wag-

Digitized by Google

inger Sees sind südlich vom Dorfe Tettenhausen versteinerungsreiche Lagen eines ziemlich lockeren, in einzelnen Bänken jedoch etwas festeren, mit grösseren Rollstücken untermengten glaukonitischen Sandes entblösst. In demselben kommen folgende Versteinerungen vor:

Ostrea crassissima	*Pecten Holgeri*
„ *digitalina*	„ *Besseri*
„ *caudata*	„ *Leythajanus*
Anomia ephippium	„ cf. *striatus*
Arca dichotoma	*Balanus tintinnabulum.*

Die geologischen Verhältnisse, unter welchen diese Bildungen hier auftreten, gleichen so sehr denen der Sandschichten des Simmsees und im Kaltenbache, dass man sie wohl diesen Ablagerungen gleichstellen darf.

Mit diesen Entblössungen bei Teisendorf und am Waginger See haben wir den Rand der grossen Salzachthalung erreicht, welche bis zum Flyschrücken des Haunsbergs sich ausbreitet und von Schuttmassen in grossartigstem Maassstabe erfüllt ist. Nur in ganz vereinzelten Punkten gelang es hier Dr. v. Ammon anstehende tertiäre Ablagerungen aufzufinden, aber immer in höchst beschränkten Entblössungen, wie im Oichtenthale bei Wimm SO. von Laufen, am Salzachufer zunächst unterhalb Laufen, wo ich die am Flussrande zu Tag ausstreichenden, mergeligen Schichten von Blochlehm bedeckt und unter demselben sehr deutlich von Gletscherschliffen geglättet sowie in N-S. Richtung gestreift fand. Dann tauchen sie wieder bei Osing, in der Lebenau und in der Lettensau unter der Ueberdeckung auf. Es sind hier meist mergelige, glimmerreiche, glaukonitische Sande und schwachgebundene Sandsteine, welche sehr spärlich marine Conchylien einschliessen. Nach den Beobachtungen von Dr. v. Ammon fallen die Schichten an der Mühle bei der Lebenau mit nur 4° nördlich ein.

Solche einzelne Aufschlusspunkte wiederholen sich in der

Digitized by Google

nördlich anstossenden Gegend mehrfach und lassen nur soviel erkennen, dass hier bereits die obere Süsswassermolasse unter der diluvialen Decke allgemein verbreitet ist.

In diesen der marinen Molasse zunächst benachbarten Süsswasserschichten stossen wir auf die merkwürdige Braunkohlenablagerung von Wildshuth dicht an der Salzach, welche schon seit dem vorigen Jahrhundert bekannt und zeitweise bergmännisch bebaut wurde.[1]) Das aus vier Bänken bestehende Braunkohlenflötz liegt zwischen einem sandigen Mergel und Töpferthon in der Sohle und einem grauen Mergel mit Pflanzeneinschlüssen im Hangenden. Höher folgen dann Conglomerate und Schotterlagen, bei denen es aber schwierig zu entscheiden ist, ob sie zu der Reihe der Tertiärschichten gehören und der Quarzschuttbildung des benachbarten Kobernauer Waldes entsprechen oder abgeschwemmt auf sekundärer Lagerstätte zu den Quartärbildungen zu rechnen sind. Jedenfalls nimmt das Braunkohlenflötz dieselbe geologische Stellung ein, wie jenes im Traunthale bei Thomasroith und Wolfsegg, welches vom Quarzgeröll und -Conglomerat überlagert wird. Bayerischer Seits kennt man die Fortsetzung dieses Braunkohlenflötzes im Oelingergraben und bei St. Georgen unfern Laufen, im Schlichtenergraben bei Tittmoning, dann unterhalb Burghausen und an mehreren Stellen nordwärts z. B. bei Freiöd unfern Simbach, über welche Vorkommnisse später ausführlicher berichtet werden soll. Bei Burghausen liegt nach der Untersuchung von Dr. v. Ammon an dem Salzachgehänge zu tiefst grauer Mergel, darüber (7—8 m.) Sand mit Quarzgeröll, dann grauer Mergel (2 m.) mit Pflanzenresten, der ein schwaches Braunkohlenflötzchen einschliesst und oben von Nagelfluh bedeckt wird. Es ist die-

1) Lipold im Jahrb. d. geol. Reichsanstalt Bd. I, S. 599; Thenius, daselbst Verh. Jahrg. 1878 S. 54; Lorentz in Sitz. Ber. d. k. k. Ac. d. Wiss. in Wien Bd. XXII. 660; Gümbel, Geogn. Besch. d. bayer. Alp. 773.

Digitized by Google

selbe kohlige Ablagerung, welcher auch die gleichalterigen Pechkohlenflötze der oberen Süsswassermolasse bei Irrsee und die bereits jenseits des eigentlichen Beckenrandes vorkommenden und als Ausläufer der südbayerischen Beckenausfüllung zu betrachtenden Braunkohlenbildungen von Undorf und Sauforst angehören.

Mit dem Westrande des hohen, aus Flyschgestein bestehenden, weit nach NO. vorspringenden Haunsbergrückens schliesst der subalpine Zug der Molasse hier zunächst ab, um erst jenseits östlich von dieser älteren Scheidewand in mächtigen, dem Alpenrande wieder genäherten Schichten fortzusetzen, wie solche N. vom Trumersee, bei Vöcklabruck, Kremsmünster, Hall, Steyr bis nach St. Pölten stellenweise aufgeschlossen sind.

Wir beschränken uns vorerst auf einige wenige Bemerkungen, welche sich auf die unserem engeren Gebiete zunächst liegenden hierhergehörigen Ablagerungen beziehen, weil dieselben in engster Beziehung zu der typischen Schlierbildung von Ottnang und zur Schlierfrage überhaupt stehen.

Bei Mattsee am Trumersee hebt sich bekanntlich in einem hohen Hügel die Nummulitenbildung einerseits vom Flysch begleitet, andererseits von *Belemnitellen*-Mergel und Sandstein unterlagert aus der grossartig und weit verbreiteten Ueberdeckung hervor. Was zunächst von jüngeren Tertiärbildungen sich an diese älteren Schichten anschliesst, ist ein nur äusserst selten bis zu Tag ausgehender sandiger Mergel, wie ich denselben z. B. in Rockerfing am NO.-Ende des Trumersees anstehend beobachtet habe.

In ziemlich guten Aufschlüssen treten die tertiären Schichten aus den jüngeren Schuttablagerungen zunächst am Alpenrande bei Timelkam am Flussufer dicht an der Eisenbahn und bei Vöcklabruck selbst zu Tag. An der Brücke in Vöcklabruck bespült das Wasser schwer zugängliche Lagen eines mergeligen, glaukonitischen Meeressandes. Wenigstens theilweise zugänglich ist in der Nähe die hohe bis zum Quarz-

Digitized by Google

geröll emporragende Entblössung an der grossen Flusskrümmung der Vöckla. Dicht über dem Wasserspiegel finden sich hier wohlgeschichtete, horizontal gelagerte, mergelige Glaukonitsande, welche weniger leicht in der Richtung der Schichtung sich spalten als der Quere nach in grob griffelförmige oder holzfasrige Stücke zerfallen, wodurch sie sich von dem höher folgenden Blättermergel und Sandsteinen wesentlich unterscheiden. In dem grobkörnigen, der Erhaltung der Conchylien nicht günstigen Material finden sich nicht gerade selten *Natica helicina* und *Tellina* cf. *Schoeni*, *T. ottnangensis*, *Corbula gibba* neben zahlreichen Einschlüssen, deren dürftiger Erhaltungszustand eine genaue Artbestimmung nicht gestattet. Die höheren Schichten des Profils, welche von dem erwähnten Blättermergel und Sandstein zusammengesetzt werden, liegen nach Schätzung ungefähr 60 m. über dem Flusse und sind hier nicht direkt zugänglich.

Die tieferen Lagen finden sich auch in einer Grube bei Neu-Wartenberg gut aufgeschlossen.

Besonders bemerkenswerth ist eine Stelle in dem neben der Strasse von Alt-Wartenberg gegen Neu-Wartenberg herabziehenden tiefen Wassergraben nahe da, wo derselbe seinen Anfang nimmt. Hier sind die obersten Lagen der mergelig-sandigen Schichten unmittelbar unter dem Quarzgeröll in einem leicht zugänglichen Aufschlusse blossgelegt und es lässt sich folgende Schichtenreihe von oben nach unten beobachten:

1) Unmittelbar unter dem z. Th. rostfarbig angelaufenen, nicht sehr festen Quarzgerölllager folgen grünlichgraue, streifenweise gelb verwitternde thonige Schichten mit einzeln eingestreuten Rollstöcken von Quarz, was für eine Art Uebergang zu dem hangenden Schotter spricht. Einzelne Streifchen sind kohlig und scheinen die Lage des Hausrucker Braunkohlenflötzes anzudeuten.

2) Darunter legt sich ein nicht sehr mächtiger (3 m.)

Digitized by Google

gelblicher Sand an von ähnlicher Beschaffenheit, wie er auch bei Wolfsegg im Liegenden der Flötzregion angetroffen wird.

3) Dieser Sand geht nach unten durch Einschaltung von Mergel und mergeligen Sanden, welche sich leicht in dünne Platten zerspalten lassen in den sog. Blättermergel und -Sand über, in welchem mehrfach ganz zerfetzte Trümmer von Pflanzen eingeschlossen sind (2 m).

4) Darunter breiten sich dann in ziemlicher Mächtigkeit mergeliger, glaukonischer Sand und weiche Sandsteine aus, deren oberste Lagen zahlreiche Ueberreste von Meeresconchylien umschliessen. Das leicht zerbröckernde Gestein gestattet nur selten ganz gut erhaltene Exemplare zu sammeln; daher lässt sich trotz des namhaften Reichthums an Versteinerungen nur eine kleine Anzahl von Arten angeben. Am häufigsten ist eine der *Tellina ottnangensis* am nächsten stehende Muschel. Mehr vereinzelt finden sich *Tellina donacina*, *Tellina compressa*, *Mactra triangula*, *Mesodesma cornea*, *Lucina Dujardini*, *Nucula nucleus*, *Nucula Ehrlichi*, *Buccinum subquadrangulare*, *Natica helicina*, *Trochus conulus* (aff. *T. Sturi*). So klein diese Zahl bestimmbarer Ueberreste auch an sich ist, so gibt sich daraus doch eine Aehnlichkeit, um nicht zu sagen Gleichheit, mit der Fauna des Schliers von Ottnang unzweideutig zu erkennen. Wir haben auch in diesen Schichten, wie wir später sehen werden, den gleichen geologischen Horizont, den wir im Ottnanger Schlier wieder finden werden, vor uns.

Die Aufschlüsse bei Vöcklabruck liegen nur mehr etwa 12 klm. von der Schlierfundstelle bei Ottnang entfernt. Bevor ich über die dort beobachteten Lagerungsverhältnisse Bericht erstatte, scheint es jedoch zweckentsprechend, vorerst die dem Alpenfusse gegenüberstehenden Miocänablagerungen am Rande des schwäbisch-bayerischen Jurage-birgs und des ostbayerischen Urgebirgs näher zu schildern.

Digitized by Google

II. Die miocänen Tertiärablagerungen am Rande des Donauthales.

Was diese Bildungen in den südwestlichsten Gegenden dieses Gebiets im Kanton Aargau, am Randen und im Schwäbischen bis Ulm anbelangt, so darf hier auf die ausführlichen Mittheilungen von Merian, Mösch, Schill, Probst, Miller u. A. verwiesen werden, welche schon früher (S. 234 u. ff.) kurz erwähnt worden sind. Es möchte nur von den berühmten, versteinerungsreichen Fundpunkten in der Miocänmolasse von Baltringen und Ermingen zu erwähnen sein, dass in deren Fauna sich grosse Analogien mit den tiefsten Lagen der subalpinen Miocänmolasse bemerkbar machen.

In der Umgebung von Ulm, mit welcher wir unsere näheren Betrachtungen beginnen, begegnen wir neuen Elementen in der Entwicklungsreihe der Tertiärablagerungen. Es treten hier nämlich typische Landschneckenkalke, wie jene von Hochheim im Rheinthale in beträchtlicher Ausdehnung in den Schichtenverband ein und zugleich nehmen auch brackische Ablagerungen einen wesentlichen Antheil an der Zusammensetzung der Miocänbildungen.

Ueber die Aufeinanderfolge dieser Schichten in der Gegend von Ulm hat bereits Miller in der Abhandlung: „Das Tertiär am Hochsträss“ [1]) nähere Aufschlüsse gegeben, welche auch durch Sandberger bestätigt worden sind. Darnach liegen folgende Schichtenabtheilungen hier in abwärts gehender Ordnung über einander:

1) Die jüngere Süsswasserbildung ist theils als Süsswasserkalk mit *Helix sylvestrina* (nach Sandberger mit *Helix sylvana*), theils als Sand, Sandstein mit thonigen und mergeligen Zwischenlagen entwickelt und enthält in ein-

1) Württemberg. Naturwiss. Jahresh. 27. Jahrg. 1871 S. 118 und S. 272.

Digitized by Google

zelnen Schichten Kalkschalen von Land- und Süsswasser-Conchylien[1]) oder in kohligen Einlagerungen Pflanzenreste. Unter den Conchylienüberresten sind hervorzuheben:

Planorbis laevis
„ *solidus*
„ *Mantelli*
Ancylus cf. *deperditus*
Limneus pachygaster
Melania turrita
Cyclostoma conicum
Melanopsis Kleini (praerosa)
„ *callosa*
Neritina fluviatilis
Neritina conulata
Anodonta spec.
Helix sylvana (sylvestrina)
„ *coarctata*
„ *inflata*
„ *involuta*
„ *giengensis*
Bulimus spec.
Glandina aff. antiqua

2) Brackische Bildungen (Kirchberger Schichten) bestehen in einer Mächtigkeit von 18—30 m. aus grünlich grauen Thonen, Mergelschichten, plattigen Sandsteinen und Sanden. Es finden sich darin:

Planorbis solidus in den obersten Kalkmergellagen
Limneus pachygaster in den gleichen Lagen
Limneus obovatus
Paludina tentaculata
Melania turrita
Litorinella acuta
Ancylus spec.
Helix involuta
Unio Eseri
Dreissenia amygdaloides
„ *claviformis*
Cardium sociale
„ *solitarium*
„ *friabile*
„ *jugatum*
Neritina sparsa
Melanopsis impressa
Zahlreiche Fische z. B. *Cyprinus*
Reste von Schildkröten.

3) Meeressand, Grimmelfinger- oder Graupensand gegen 14 m. mächtig (Erminger Muschelsand) mit *Oxyrhina hastalis.*

4) Aeltere Süsswasserbildungen und Rugulosakalke in einer Mächtigkeit von 30—60 m. am Hochsträss, (sonst auch weit weniger mächtig) bestehen in ihren obersten

1) Land- und Süsswasser-Conchylien d. Vorzeit S. 552.

Digitized by Google

Lagen aus grauen, meist versteinerungsleeren Letten; darunter folgen Mergel und Sande mit Schiefer- und Plattenschichten, welche Pflanzenreste, kleine *Planorbis*-Schalen und Säugethiere-Reste (Hauptlager) umschliessen. Die unteren Lagen nehmen glimmerreiche Sande, gelbgefleckte Mergel, Bohnerze, in rothen Thon eingebettete Kalkknollen und die meist oolithischen, röthlich braun gefärbten, z. Th. Aphalthaltigen Rugulosakalke ein. Am charakteristischsten sind für diese Schichten folgende organische Einschlüsse: *Helix rugulosa*, *H. Ramondi*, *Glandina gracilis*, *Cyclostoma bisulcatum* und *Planorbis solidus*.

Sandberger hat die brackischen Bildungen als Kirchberger-Schichten bezeichnet und in einem nach Eser gegebenen Profile näher beschrieben. In dem schönen Aufschlusse an der Iller zwischen Ober- und Unter-Kirchberg habe ich in absteigender Reihenfolge nachstehende Einzelschichten unterscheiden können:

1) Quarzschotter mit Geröllen aus harten Gesteinsarten der Alpen, namentlich von Flysch (2 m.),

2) grünen Mergel mit Kalkgeoden (1,75 m.),

3) grauen Mergel (0,5 m.).

4) Gelblich weisser und sandig-glimmeriger Thon mit einer kohligen Zwischenschicht (3,25 m.) enthält zahlreiche, meist abgerollte Schalen vom *Anodonta* cf. *Lavateri*,

5) Gelber, kalkiger Mergel nach unten in einen schwarzen bituminösen Thon (0,3 m.) übergehend, umschliesst *Anodonten*-Schalen und *Planorbis solidus*. Darunter folgen:

6) gelblich grauer, kalkiger Mergel mit sandigen und bituminösen Zwischenlagen (2,8 m.),

7) harter, gelblicher Mergelkalk mit *Anodonten*, *Hydrobia semiconvexa*, *Bythinia gracilis*,

8) sehr feiner grauer Thon voll von Fragmenten von

Digitized by Google

Anodonten-Schalen, Deckeln von *Bythinia gracilis (Paludina tentaculata Kr.)* und *Chara*-Samen.

9) wechselnde Bänke von gelblichem Kalkmergel, schwarzem, Pflanzen-führendem Thon, gelbem, kreideartigem Mergel und dünngeschichtetem Mergelschiefer mit zahlreichen Pflanzen- und Fischresten (3 m.),

10) fester, weisslicher Kalkmergel (0,3 m.),

11) weiche, dünngeschichtete Mergel (4 m.) reich an Schwefelkies und erfüllt von *Cingula conoidea* (*Paludina*), *Cardium sociale*, *Unio Eseri*, von Fischen: *Smerdis formosus*, *Clupea gracilis*, *C. lanceolata*, *C. ventricosa*, *Gobia multipennatus* und kleinen Pflanzentheilchen,

12) thonige Lumachellbank mit zahlreichen *Cardien* (*C. sociale*, *C. solitarium*, *C. jugatum*, *C. friabile* u. A.) und *Dreissenien* (*D. amygdaloides*, *D. claviformis*) (0,2 m.) der brackischen Fauna,

13) gelblicher Sand mit thonigen Zwischenlagen (1 m.). Hierin finden sich mehrere Arten von *Cardium* und *Paludina* (*Melantho*) *varicosa* neben *Oncophora socialis* Rz. (*Tapes Partschi* C. M., *Venerupis Guembeli* M. Hörn).

14) Grünlich grauer, lockerer Sand mit *Paludina varicosa* und *Unio Kirchbergensis* (5 m.) bildet das Schlussglied.

Die tieferen Schichten liegen unter dem Wasserspiegel und Flussbett der Iller verdeckt.

Diese brackischen Kirchberger Schichten sind an zahlreichen Stellen des südlichen Steilufers der Donau bei Leipheim und Günzburg gleichfalls aufgeschlossen und von Wetzler mit grösster Sorgfalt untersucht worden. Auch am Nordrande des Donauthales wurden in Dillingen bei Brunnengrabungen diese Schichten aufgefunden. Der letzte bisher bekannte Aufschluss ist am Steilgehänge von Landstrost in der Nähe des Bahnhofs von Neu-Offingen. Das vollständigste Profil trifft man in der Reisensburg bei Günzburg an. Die von mir hier aufgenommene Lagerungsfolge beschränkt sich jedoch

Digitized by Google

auf die über den eigentlichen brackischen Schichten liegenden obermiocänen Süsswasser- und fluviatilen Glieder, welche nur einzelne, vielleicht ausgeschwemmte brackische Conchylienreste enthalten.

1) Zu oberst liegt sandiger Löss und darunter Schotter aus Quarz-, Hornstein- und harten Flyschgestein-Rollstücken, welche in einem gelben sandigen Lehm eingebettet sind.

2) Glimmerreicher, streifenweise eisenschüssiger gelber lockerer Sand ohne feste Concretionen, nur in den tiefen Lagen mit kleinen Eisengraupen, liegt darunter. Einzelne thonige Zwischenlagen umschliessen dürftig erhaltene Pflanzenreste (20 m.).

3) Grauer Mergel mit Kalkgeoden und sandig-schiefriger, weisslicher Mergel enthalten in kohligen Zwischenlagen schöne Pflanzenreste vom Typus der Oeninger Flora (*Padogonium Knorri*) (7 m). Dann folgen:

4) loser, glimmerreicher, eisenschüssiger Sand (0,25 m.) mit Kohlenconcretionen und Conchylienresten: *Planorbis solidus*, *Limneus pachygaster*, *Helix Mattiaca* u. A.,

5) weisser Sandmergel (0,5 m.) voll von guterhaltenen Pflanzenresten wie in 3),

6) grauer, klüftiger Sandmergel ohne Versteinerungen (2,5 m.) nach unten in eine Art kalkige Breccie mit Schalentrümmer übergehend,

7) heller Sand mit Mergelknollen, unten in eisenschüssige Lagen übergehend, mit zahlreichen eisenrostigen Pflanzenstengeln und Conchylien-Resten, besonders *Unionen* (*U. Mandelslohi*, *U. Wetzleri*, *U. flabellatus*), *Melania Escheri*, *Planorbis solidus*, *Limneus dilatatus*, *Helix sylvana*, *Neritina crenulata* (7 m.). Schwarze Mergel mit den gleichen Conchylien und eine Lage grauen, sandigen Mergels von geringer Mächtigkeit trennt diese versteinerungsreiche Schicht von der Hauptversteinerungsbank,

8) klüftiger Sandmergel mit Zwischenlagen von grauem Sand (9 m.). Hier kommen neben den schon in 7) bezeich-

Digitized by Google

neten Conchylien auch spärlich *Dreissenia amygdaloides* (vielleicht aus dem Untergrunde eingeschwemmt) und ausserdem zahlreiche Wirbelthierreste: *Chalicomys Jaegeri*, *Mastodon angustidens*, *Hyotherium Soemmeringi*, *Anchitherium aurelianense*, *Palaeomeryx minor*, *P. pygmaeus*, *P. Scheuchzeri*, Reste von Krokodil und Schildkröten vor.

9) Harter Mergel mit *Helix sylvestrina* und sandiger Mergel mit Pflanzeneinschlüssen (0,75 m.) folgen darunter.

10) Die tieferen Schichten liegen jetzt unter dem Altwasser und Thalschutt begraben, waren aber zur Zeit des Eisenbahnbaus noch aufgeschlossen. Es sind sandige Mergel, in welchen nach Wetzler sich Fischreste (*Lebias cephalotes*) und ein Frosch (*Rana danuvica*) fanden.

An dem Landstrost-Gehänge sind besonders die tieferen Lagen bemerkenswerth. Die höheren Glieder der Schichten sind hier überstürzt. Darunter folgen nun:

1) sog. Phohsande, klüftige lockere Sande mit harten Concretionen ohne namhafte Versteinerungen (5 m.) ungefähr dem Nr. 6) des vorigen Profils entsprechend;

2) blassröthlicher Mergelsand mit Gypskrystallen und organischen Ueberresten, wie in Schicht 7) des vorigen Profils. Ausserdem kommen hier Zähne von *Mastodon angustidens* (1 m.) vor. Tiefer folgen:

3) dünnschiefrig gelagerter, grünlich gelber Sand ohne bemerkenswerthe Einschlüsse (5 m.);

4) klüftiger, sandiger Mergel mit *Mastodon angustidens* (1 m.);

5) grauer Sand mit Kohlenresten und Pflanzenresten (5,5 m.);

6) grauer, rauher Sand mit Mergelknollen und sehr zahlreichen organischen Einschlüssen wie in Nr. 8 des vorigen Profils (2,5 m.). Bemerkenswerth ist hier die grosse Anzahl von brackischen Conchylien: *Dreissenia amygdoloides*, *Dr. claviformis*

Digitized by Google

und *Cardium sociale* neben Süsswasser- und Landconchylien und Wirbelthierresten der oberen Süsswassermolasse. Wahrscheinlich finden sich die Schalen der brackischen Conchylien hier nur auf sekundärer Lagerstätte. Die tieferen Schichten liegen unter Wasser und Thalschutt.

Während am Südgehänge der Donau in dieser Gegend ältere Ablagerungen nicht entblösst sind, zeigen sie sich an zahlreichen Stellen, meist auf Jurakalk aufgelagert, in dem nördlich der Donau gelegenen Gebiet als Fortsetzung der Bildungen bei Ulm. Es sind sowohl ältere, sog. Landschnecken- (Rugulosa-) Kalke, als jüngere, vielfach mit ersteren verwechselte Landschnecken- (Sylvana-) Kalke und marine Sande mit zahlreichen Einschlüssen namentlich von *Ostrea crassissima*, welche an vielen Stellen auftreten. Die Altersbeziehungen dieser Schichten zu einander sind jedoch desshalb hier sehr schwierig zu erkennen, weil die Ablagerung der Sedimentgebilde auf einer sehr ungleichen Unterlage des Jurakalks erfolgte, so dass die gleichalten Schichten auf sehr ungleichem Niveau bald in tieferen Lagen zum Vorschein kommen, bald auf beträchtlich höheren Stellen auftreten. Dazu kommt, dass es bei der Unbeständigkeit in der petrographischen Beschaffenheit mancher Schichtencomplexe und bei dem häufigen Eintreten von Faciesbildungen oft schwierig ist, die an der einen Stelle gewonnenen Resultate an einem anderen, selbst benachbarten Orte wieder benützen zu können. Es sind daher die sichere Aufschlüsse gebenden Profile hier nur sehr vereinzelt aufzufinden. Eine der lehrreichsten Entblössungen findet sich am Dorfe U. Mödlingen N. von Gundelfingen, wo sich nachstehende Schichtenolge von oben nach unten beobachten lässt:

1) Unter der sandigen Ackererde geht im Hohlwege des Dorfes typischer, glaukonitischer Meeressand mit zahlreichen Exemplaren von *Ostrea crassissima* (fast ausschliesslich) zu Tag aus, welcher nach unten mit einer festen Sand-

Digitized by Google

steinplatte abschliesst. Darunter folgt in gleichförmiger Lagerung

2) Landschneckenkalk und zwar:
   a) wechselnd in festeren und weicheren Lagen mit *Helix rugulosa*;
   b) feste schwarzfleckige Kalke und weiche, weissliche und schwärzliche Mergel mit *Helix rugulosa* und *Chara*-Samen;
   c) fein oolithischer, kreidiger Kalk;
   d) thoniger, unregelmässig oolithischer, oft in eine Art Bohnerzbildung übergehender Kalk mit Geoden von Kalkspathkrystallen;
   e) gelbliche Pisolithkalke, kreidig weiche, mergelige Kalke und grünliche Mergel auf der ungleich vertieften, löcherigen Unterlage des Juraplattenkalks unmittelbar abgesetzt;
3) plattiger Jurakalk.

Es ist also durch dieses, sowie auch durch andere Profile ausser Zweifel gestellt, dass der Rugulosa-Kalk gleichförmig von dem *Ostrea crassissima* enthaltenden Meeressande direkt überlagert wird und nicht etwa bloss als eine Facies des letzteren angesehen werden darf.

Dieses Profil bei Mödlingen wird wesentlich vervollständigt durch die Aufschlüsse bei Stotzingen, Rammingen Asselfingen und Dettingen. Ueber dem Jurakalke sind hier überall Bänke von knolligen, unregelmässig oolithischen Kalken und grüngrauen, sog. Bohnerz-Mergeln oder -Letten gelagert, welche abgesehen von ihrer charakteristischen Gesteinsbeschaffenheit auch durch den Einschluss von *Helix rugulosa* sich als ältere Landschneckenkalke zu erkennen geben. Eine Verebnung von nur wenigen Metern Mächtigkeit, welche meist von Ackererde bedeckt, den direkten Zusammenhang der Schichtenfolge unterbricht, trennt diese Kalkschichten von dem höher gelagerten Meeressande. Die tiefsten Schichten des

Digitized by Google

letzteren bestehen in dem Steinbruche von Rammingen aus grobkörnigem, lockerem Sande mit meist zerbrochenen Schalen von *Ostrea*, *Pecten*, *Cardium*, *Turritella*, *Ficula*, *Balanus*, welche alle zu dem Formkreis der Versteinerungen der tiefsten Lagen der oberen Meeresmolasse gehören. Die Sandschichten zeigen eine sehr ausgeprägte Anwachsstreifung.

Darüber folgen ziemlich feste, zu Werksteinen verarbeitete, glaukonitische Sandsteine (2 m.), dann nach oben grobkörnige Sande mit weissen Mergelknollen und Streifen, ziemlich versteinerungsleer (3 m.). Die Oberfläche dieser Lage ist unregelmässig und sichtlich durch Erosion ausgefurcht. Der aufliegende, grobkörnige, glaukonitische Sand mit weissen Mergelknollen füllt diese Unebenheiten wieder aus und enthält Zwischenlagen von weichem, feinem Sande (3,5 m.). Hier fanden sich nun die meisten organischen Ueberreste, namentlich (nach den Aufsammlungen von Hr. Wetzler) *Ostrea crassissima*, *O. giengensis*, *O. tegulata*, *emarginata*, *O. caudata*, *Pecten solarium*, *P. palmatus*, *P. burdigalensis*, *P. pusio*; *P. opercularis*, *Pectunculus violacescens*, *Arca Fichteli*, *Cardium edule*, *Tapes helvetica*, *Panopaea Menardi*, *Cardium tuberculatum*, *C. echinatum*, *C. edule*, *Natica saucatsensis*, *Ficula clava*, *Turritella turris* und viele Fischzähne. Diese Versteinerungen wurden jedoch nicht getrennt aus dieser Schicht, sondern aus den verschiedenen Lagen gesammelt.

Den Abschluss nach oben bilden hier dünnplattig geschichtete Sandsteine.

In anderen Aufschlüssen bemerkt man drei bis vier verschiedene, versteinerungsreiche Lagen, welche durch versteinerungsleere oder -arme Zwischenschichten getrennt sind. Seltener legt sich der marine Sand, wie bei St. Georgen unfern Bachhagel, unmittelbar auf Jurakalk an und in solchen Fällen zeigt sich dann der Jurakalk häufig von Bohrlöchern angenagt.

Digitized by Google

Bei Dettingen stellt sich nun über dem marinen Sande ein grüner, sandiger Mergel ein, der eine grosse Aehnlichkeit mit den brackischen Schichten besitzt. Er geht nach oben durch Aufnahme von Kalkknollen in einen unregelmässig geschichteten Kalk mit *Helix sylvana* über. Aehnliche Verhältnisse zeigen die Aufschlüsse von Hohen-Memmingen, bei Giengen gegen den Schellenberg aufwärts und bei Zöschingen, wo Breccienkalke die Stelle des oberen oder Sylvanakalks einnehmen.

Es geht aus diesen Aufschlüssen hervor, dass die Sylvanakalke nördlich der Donau die kalkige Facies der sandigen und mergeligen obermiocänen Schichten ausmachen, wie letztere bei Günzburg entwickelt sind. Die zwischen ihnen und den tieferen Meeressandsteinen eingeschalteten grünen Mergel und Thone können demnach als Aequivalente der brackischen Kirchberger Schichten betrachtet werden.

Was den Meeressand selbst anbelangt, so geben die verschiedenen, übereinander liegenden Bänke, welche Versteinerungen enthalten, der Vermuthung Raum, dass in denselben mehrere, im Alter verschiedene Miocänstufen vertreten sind. Auch die organischen Einschlüsse scheinen darauf hinzuweisen, dass die tiefsten Lagen dieses Sandes untermiocänen Ablagerungen entsprechen. Doch reichen die bisher gewonnenen Resultate nicht aus, um die Ausscheidung von mittelmiocänen und von untermiocänen marinen Sanden sicher und scharf durchzuführen.

Verfolgt man nun die Miocänablagerungen weiter ostwärts in ihrer Ausbreitung in dem nördlichen Theile der bayerischen Hochebene und in den dieser zunächst angeschlossenen bergigen Gebieten nördlich von der Donau, so macht sich eine merkwürdige Verschiedenheit zwischen West und Ost bemerkbar.

Die marinen Miocänschichten erreichen bereits bei

Digitized by Google

Donauwörth, wo die letzten Spuren bei dem Eisenbahnbau am Tunnel, nämlich grüne Mergel und Sande mit *Ostrea crassissima* aufgeschlossen worden sind, auf weite Strecken ihr Ende und die ihnen folgenden brackischen Sedimente der Kirchberger Schichten sind ostwärts nicht über Offingen und Dillingen hinaus verbreitet. Das ganze flache und hügelige Gebiet zwischen dem Alpenvorlande und der Donau wird, soweit der Untergrund den Tertiärgebilden überhaupt angehört, von grünlich-grauen, vorherrschend mergeligen, meist glimmerreichen Sanden, ebenso gefärbten, oft gelbgefleckten Mergeln und selten zu mächtigen Bänken verfestigten Geröll- oder Conglomeratlagen zusammengesetzt. Die Geröllbänke nehmen der Hauptsache nach zwar ihre Stelle über den Sanden und Mergelschichten ein, finden sich aber auch vielfach in mehreren Zwischenlagen vor. Dabei lässt sich wahrnehmen, dass, während die Rollstücke in den westlichen Gegenden aus verschiedenen harten, vorherrschend aus Flyschschichten stammenden Alpengesteinen und aus Quarz bestehen, ostwärts mehr und mehr ein fast reines Quarzgerölle sich herausbildet, welches stellenweis durch krystallinisches quarziges Bildemittel verkittet in ein sehr festes Quarzconglomerat übergeht.

In diesen Schichten sind organische Ueberreste sehr selten. Bis zum Lechthal hin kommen zwar noch ziemlich häufig im lockeren Sande *Helix sylvana*, *Melania Escheri*, *Unio flabellatus* vor. Weiter ostwärts aber werden auch diese Einschlüsse seltener. Am häufigsten wurden in diesem Gebiete Zähne von *Mastodon angustidens*, seltener Ueberreste von *Dinotherium bavaricum* (nicht *giganteum*) aufgefunden.

Etwas häufiger sind Pflanzeneinschlüsse z. B. in Freising und selbst Kohleneinlagerungen anzutreffen. Die Pflanzen tragen das Gepräge der Oeninger Flora an sich.

Zwischen diesen am Nordrande des grossen Tertiärbeckens hinziehenden, älteren miocänen Ablagerungen und

Digitized by Google

den gleichalterigen Gebilden, welche im Süden in dem Vorlande der Alpen vom Bodensee über Kempten bis zum Peissenberg, Chiemsee und Waginger See fort sich erstrecken, dehnt sich die grossartige, in Mittel 80 klm. breite, selbst auf 150 klm. sich erweiternde, allmählig zur Donau abgesenkte Hochfläche zwischen Iller und Inn-Salzach aus, deren Untergrund obermiocäne Süsswassermolasse und ihr entsprechende Schichten ausfüllen. In den westlichsten Strichen sind es im alpinen Vorlande grünlichgraue Mergel und Thone, welche, mit meist zu festem Conglomerat verbundenen Geröllbänken (Nagelfluh) im vielfachen Wiederholen wechsellagernd und nicht oder nur wenig aus der horizontalen Lage verrückt, in beträchtlicher Breite nordwärts sich erstrecken, um hier nach und nach in eine mehr sandige, mit Geröllbänken wechselnde Bildung überzugehen. Im südlichen Striche findet sich darin die merkwürdige Pechkohlenablagerung von Irrsee, deren begleitende Thonlagen eine sehr charakteristische obermiocäne Fauna mit *Ancillus deperditus*, *Cyclostoma Lartetii*, *Planorbis declivis*, *P. cornu*, *P. laevis*, *Limneus dilatatus*, *Helix sylvana*, *H. insignis*, *H. inflexa*, *H. punctigera* beherbergen und dadurch die Gleichalterigkeit dieser Pechkohlenbildung mit den Braunkohlenflötzen von Regensburg und im Hausrucksgebirge erkennen lassen.

Auch innerhalb des angeschlossenen, nördlich der Donau gelegenen Juragebirgs stellen sich obermiocäne Ablagerungen in der Süsswasserfacies der Sylvana-Kalke an zahlreichen Punkten ein, welche kleinere Einbuchtungen im Jurakalke ausfüllen. Zu ihnen gesellen sich bei Regensburg, wie schon erwähnt wurde, ziemlich ausgedehnte Braunkohlenablagerungen, welche z. B. bei Undorf[1]) eine sehr reiche Fauna der Sylvana-Schichten beherbergen und bei Sauforst in Wech-

1) v. Ammon: Der Durchstich bei Undorf in Corr.-Bl. d. zool. min. Ver. zu Regensburg 1871 Nr. 9.

Digitized by Google

sellagerung mit Diatomeenschiefer eine Decke von weissem Quarzgeröll über sich tragen. In dem Urgebirgsgebiete sind N. von der Donau keine derartigen Kalkablagerungen bekannt, wohl aber kommen in Einbuchtungen auch hier Braunkohlenbildungen von gleichem Alter, wie jene bei Regensburg vor.

Erst in der grossen Bucht, welche von dem über die Donau weit nach Süden vorspringenden Urgebirge bei Passau (Neuburger Wald) in Bayern und in dem Haugsteingebirge in Oesterreich gebildet wird, begegnen wir wieder marinen, glaukonitischen Sandablagerungen, ähnlich jenen bei Ulm, welche sich südwärts durch das Hausruckgebirge, den Kobernauser Wald und die Haunsberge verbreiten und mit den alpinen miocänen Meeresablagerungen verbinden.

Ihnen folgen nun in einer ziemlich beträchtlichen Ausdehnung zwischen den unteren Thalstrecken der Vils und des Inns ungemein versteinerungsreiche brackische Ablagerungen, welche ganz unverkennbar den Typus der Kirchberger Schichten bei Ulm an sich tragen. Zugleich stellt sich neben ihnen jene hellgraue Mergelbildung mit ihren charakteristischen organischen Ueberresten ein, welche in dem benachbarten oberösterreichischen Gebiete bei Ottnang bekannt und unter der Bezeichnung Schlier in neuester Zeit zu einer weitverbreiteten, orientirenden Stufe im mediterranen Tertiär erhoben worden ist.

Endlich breiten sich in den höheren Lagen noch Braunkohlenbildungen, wie im Hausruckgebirge, und zuletzt mächtige, weisse Quarzgerölle aus, durch welche die vollständige Analogie mit dem Vorkommen dieser Schichten in Oberösterreich hergestellt wird.

Das Zusammentreffen so zahlreicher, meist versteinerungsreicher Miocängebilde stempelt diese nordöstliche Bucht des niederbayerischen Tertiärgebiets zu einem be-

Digitized by Google

sonders interessanten, in welchem nur das Vorkommen von älteren, vormiocänen Tertiärsedimenten vermisst wird.

Es ist als sehr bemerkenswerth hervorzuheben, dass sich hier nirgendwo auch nur eine Spur des Landschnecken-Rugulosa-Kalks hat auffinden lassen. Dafür nehmen marine Ablagerungen von gleichem Typus, wie jene am schwäbischen Albrande, die tiefste Stelle in der Reihe der Tertiärgebilde unmittelbar über Urgebirgsgestein oder mesolithischen Kalken ein.

Zu den versteinerungsreichsten derartigen Ablagerungen gehören die in einer sackartigen Vertiefung abgesetzten harten Mergel und gelben Sande in der Nähe des sogenannten Aichbergers bei Hausbach W. von Passau und die mergeligen Sande im Jurakalksteinbruche von Söldenau bei Ortenburg in derselben Gegend.

Die behufs der Gewinnung von Mergel zum Düngen der Aecker eröffneten Gruben bei dem Aichberger sind leider jetzt wieder verschüttet.

Man könnte diesen Mergel gemäss seiner petrographischen Beschaffenheit nach oberösterreichischer Bezeichnungsweise gleichfalls Schlier nennen.

Hier fanden sich zahlreiche, gut erhaltene Versteiuerungen, von welchen bereits M. Hörnes in seinem grossen Werke mehrere Arten unter der Fundstätte-Bezeichnung „von Vilshofen und Hausbach" anführt. Dr. Egger sammelte aus diesen Schichten und aus dem unter gleichen Verhältnissen auftretenden Mergel bei Habüchler:

Ostrea giengensis
„ *digitalina*
„ *lamellosa*
„ *caudata*
„ *Hoernesi*
„ *cochlear*
Anomia costata
Pecten solarium Gdf.
Lucina miocaenica
„ *borealis*
„ *columbella*
„ *transversa*
Venus umbonaria
„ *plicata*
Cytherea pedemontana
„ *erycina*

Digitized by Google

Pecten Malvinae
„ *pectoralis*
Arca diluvii
Pectunculus pilosus
„ *Fichteli*
Limopsis aurita
Leda pella
Cardium sociale
„ *discrepans*
Conus antediluvianus
„ *ventricosus*
Ancillaria glandiformis
Terebra plicatula
Buccinum Caronis
Pseudoliva Brugadina
Oliva flammulata
Chenopus pes pelecani
Cassis sulcosa
Murex capito
„ *scalaris*
Pyrula rusticola
Ficula reticulata
„ *clava*
Nassa badensis
Cerithium scabrum
Natica helicina
„ *redempta*
„ *Josephinae*
Chemnitzia cf. *Reussi*
Pyramidella plicosa
Turritella cathedralis
„ *Riepeli*
„ *turris*
Diplodonta rotundata
Dosina Adamsoni
Erycina ambigua
Corbula gibba
Panopaea Menardi
Lutraria latissima
Solen subfragilis
„ *coarctatus*
Pholas cylindrica
Pleurotoma subangula
„ *obeliscus*
„ *Schreibersi*
„ *interrupta*
„ *porrecta*
„ *Jouanetti*
„ *semimarginata*
Scalaria pumicea
Trochus quadristriatus
„ *papillosus*
„ *patulus*
Xenophora Deshayesi
Calyptraea chinensis
Sigaretus clatratus
Dentalium entalis
„ *badense*
Balanus sulcatus
„ *balanoides*
„ *concavus*
„ *zonalis*
Lamna cuspidata
Aetobatis arcuatus
Zahlreiche Bryozoën.

Diese Fauna enthält einige ausschliesslich oder doch vorherrschend den sog. Horner Schichten zukommende Arten wie *Pectunculus Fichteli*, *Pecten Malvinae*, *Pecten solarium*, *Cytherea erycina*, *Dosina Adamsoni*, *Lutraria latissima*, *Solen coarctatus*, *Cassis sulcosa*, *Ficula clava*, *Turritella cathedralis*, *Sigaretus clathratus*. Dagegen fehlt aber eine Reihe anderer

Digitized by Google

spezifischer Horner-Arten wie *Pecten Rollei*, *P. palmatus*, *Mytilus aquitanicus*, *Cardium burdigalinum*, *C. Kuebecki*, *C. cingulatum*, *Mactra Bucklandi*, *Cerithium plicatum*, *Buccinum Veneris*, während eine Anzahl anderer Arten, namentlich die ziemlich zahlreichen *Pleurotomen* sonst einem höheren Horizont angehören. Letzteres Verhalten lässt sich durch die eigenthümlich schlammig thonige Beschaffenheit des die Versteinerungen einschliessenden Materials zureichend erklären, welche eine besondere, der Beschaffenheit einiger jüngerer Meeresbuchten entsprechende Eigenthümlichkeit der Lebensbedingungen an dieser Stelle voraussetzt. Es dürfte daher trotzdem nach dem charakteristischen Habitus der Gesammt-Fauna diese Ablagerung als gleichalterige mit den tieferen Schichten im Horner Becken (Loibersdorf-Gauderndorfer Schichten) anzusehen sein.

Ganz in der Nähe legen sich nun in analoger Weise wie bei dem Aichberger vorherrschend sandige Sedimente unmittelbar auf älteres Gestein auf, wie bei Söldenau, Buchleiten und bei Kemating. Zwischen Söldenau und Maierhof sind die tiefsten Tertiärschichten durch grossartige Steinbrucharbeiten behufs Gewinnung des dort mächtig anstehenden Jurakalks im Abraum desselben oft auf weite Strecken aufgedeckt. Es zeigt sich hier der Kalksteinuntergrund der Tertiärablagerungen vielfach von Bohrlöchern angenagt, wie bei Ulm und mit einer Rinde von Brauneisenstein oder Glaukonit überzogen, an einer Stelle auch durch tiefe Strudellöcher ausgehöhlt. Es beweist dies, dass wir hier einen alten Meeresboden in vollständiger Erhaltung vor uns haben.

Theils unter braunem Löss, theils unter verschwemmtem Quarzgerölle lagernd zeigen sich in diesen Aufschlüssen folgende Schichten (von oben nach unten) entblösst:

1) grober, gelber Sand mit Knochenresten (0,5 m.);

2) grünlicher Thon theils in dünnen Schichten wechsellagernd mit fein- und grobkörnigem gelblich grauem Sande,

Digitized by Google

theils in letzteren nesterförmig oder in Concretionen abgesondert (2 m.);

3) grober Sand mit vielen Versteinerungen, namentlich mit *Pecten* und *Ostreen* (1,5 m.),

4) feiner, gelber und z. Th. glaukonitischer Sand fast ohne Versteinerungen (1,25 m.).

5) Als tiefste Tertiärlage finden sich unmittelbar auf Jurakalk ein grosskörniger, trümmeriger Sand (0,5 m.) und dunkelgrauer Mergel voll von Foramiferen.

Aus diesen Schichten, namentlich aus dem groben Sande 3) stammen die im Folgenden angeführten Versteinerungen:[1])

Ostrea crassissima
„ *giengensis*
„ *Hoernesi*
„ *Boblayi*
„ *fimbriata*
„ *digitalina*
„ *cochlear*
„ *cymbula*
„ *caudata*
„ *lacerata*
„ *undata*
Anomia costata
Pecten solarium Gdf.
„ *Beudanti*
„ *burdigalensis*
„ *scabrellus*
„ *opercularis*
„ *Malvinae*
„ *substriatus*
„ *Rollei*
„ *restitutensis* Font.
Terebratula grandis
Turritella Riepeli
„ *cathedralis*
„ *turris*
Calyptraea deformis
Bulla lignaria
Trochus patulus
Fusus rostratus
„ *vigineus*
Pleurotoma strombillus
„ *Schreibersi*
Conus antediluvianus
Buccinum Caronis
„ *elegans*
Pyramidella sulcosa
Sigarethus clathratus
Balanus tintinnabulum
„ *sulcatus*
„ *balanoides*
„ *ornatus*
Lamna contortidens

1) Ein Verzeichniss dieser Versteinerungen habe ich bereits in der geog. Beschr. d. bayer. Alpen S. 766 in Zusammenfassung verschiedener Fundorte gegeben. In Folge neuerer Ansammlungen und Bestimmungen wird dieses Verzeichniss hier mit wesentlichen Verbesserungen versehen wiederholt.

Digitized by Google

Pecten venustus
„ *flabelliformis*
Pectunculus polyodonta
„ *pilosus*
Limnopsis aurita
Lucina borealis
„ *columbella*
„ *Dujardini*
Venus plicata
Solen subfragilis
Lamna cuspidata
„ *denticulata*
Aetobatis arcuatus
Notidanus primigenius
Carcharodon megalodon
Cidaris limaria
Bryozoën in wenigstens 25 Arten, Wirbel und Stacheln von Fischen, Knochen von Säugethieren, namentlich von Cetaceen.

Aehnliche versteinerungsreiche Ablagerungen finden sich an der Urgebirgsrande zwischen Ortenburg und Schärding an sehr vielen Stellen. Doch sind die Aufschlüsse selten so vollständig wie jene bei Ortenburg. Besonders reich an Bryozoën sind die sandigen Ablagerungen bei Kemading und eine bei den Wasserleitungsarbeiten in Langsambruckbach auf der Innseite des Neuburger Waldes N. von Dommelstadel aufgeschlossene, trümmerig bröckliche Kalkmasse, welche von Bryozoën-Ueberresten strotzt und in der auffallendsten Weise dem Eggenburger Nulliporenkalke gleicht.

Diese Lagen zeichnen sich im Allgemeinnn durch einen grossen Reichthum an Arten von *Austern* und *Pecten*, gegen welche fast alle anderen organischen Einschlüsse, die *Balanen*, *Bryozoën* und *Fischreste* etwa ausgenommen, in bemerkenswerther Weise zurücktreten, aus. Namentlich sind die *Gastropoden* verhältnissmässig nur schwach vertreten. Diese Fauna stellt sich gleichsam als eine Sandfacies jener vom Aichberger dar und spricht in ihrem Gesammteindruck mit Entschiedenheit für einen Vergleich mit den tiefsten Schichten im Hornerbecken und ausserdem mit den tiefsten Lagen der subalpinen und subjurassischen miocänen Meeresmolasse. Von anderweitigen Ablagerungen lässt sich bestimmter nur Fontanne's Miocène moyen, Langhien (?) et Helvetien I. in der Gruppe von Visan — die Molasse mit *Pecten praescabriusculus* — in Parallelen stellen.

Da in dem ganzen östlichen Gebiete des alpinen Vor-

Digitized by Google

landes diese trümmerige Bildung allerorts unmittelbar auf älteren Gesteinen aufgelagert ist und vielfach den Charakter eines Absatzes unmittelbar auf älterem Meeresboden an sich trägt, so wird dadurch der plötzliche Einbruch von Meerwasser über diese Länderstrecken angezeigt, mit welcher hier eine völlig neuer Abschnitt in der Entwicklungsgeschichte seinen Anfang nimmt. Es scheint daher diesen Verhältnissen am besten zu entsprechen, wenn man annimmt, dass mit diesem neuen Einbruch des Meeres auch der Anfang der Miocänzeit gegeben sei und dass aus diesem Grunde die tiefsten Ablagerungen dieser Zeit zur unteren Miocänstufe (tiefstes miocène moyen nach französischer Bezeichnungsweise, nicht miocène inférieur = Aquitanien) zu rechnen sind.

Eine weitere Bestätigung erhält diese Zuweisung durch das Vorkommen von sehr bezeichnenden *Squalodon*-Ueberresten (*Squalodon bariensis* aus dem Langhien des Drôme-Thales), über welche Zittel berichtet[1]) hat.

Ein wahrscheinlich der gleichen Art angehöriger Schädel aus den im Alter gleichstehenden Lagen der Sandgruben bei Linz liegt in dem dortigen Museum unter der Bezeichnung *Squalodon Grateloupi.*

Im Rottthale wurden diese merkwürdigen Ueberreste in nächster Nähe von ähnlichen Ablagerungen bei Bleichenbach unfern Pfarrkirchen und im unmittelbaren Anschluss an eine ungemein versteinerungsreiche Schicht bei Brombach, welche bei einer Strassencorrektion aufgeschlossen wurde, entdeckt. An dieser Stelle fanden sich in erstaunlicher Häufigkeit der Exemplare *Austern-*, *Pecten-* und *Pectunculus-* und *Arca*-Schalen neben verhältnissmässig wenigen anderen Versteinerungen, nämlich:

1) Zittel in 24. Ber. d. naturh. Ver. Augsb. 1877. S. 19. Ref. N. Jahrb. 1877. S. 874.

Digitized by Google

Ostrea fovealata
„ *flabellata*
„ *digitalina*
„ *fimbriata*
„ *lamellosa*
Pecten Malvinae
„ *pusio*
„ *scabrellus*
„ *praescabriusculus*
„ *venustus*
„ *compositus*
„ *rotundatus*
Arca diluvii
Pectunculus Fichteli
„ *violacescens*
„ *pilosus*
Avicula phalaenacea
Modiola Studeri
Congeria spec.
Cardium edule
Leda nitida
Leda fragilis
Nucula nucleus
Polia spec.
Cytherea pedemontana
Venus Dujardini
Lucina oblonga
Lutraria oblonga
Calyptraea chinensis
Trochus aff. *lingulatus*
Turritella Ruepeli
„ *turris*
Columbella curta
Mitra ebenus
Buccinum costulatum
„ *incrassatum*
Pleurotoma granulato-cincta
„ *calcarata*
Natica helicina
„ *Josephinae*
Lamna contortidens
Squalodon bariensis

Diese marinen Schichten sind hier in der Nähe des älteren Gebirgsrandes sehr verbreitet und reichen östlich in gleicher Ausbildung über den Inn in das oberösterreichische Gebiet. Hier sind diese tiefsten Tertiärlagen zunächst an den Kellern von Schärding und in dem Eisenbahneinschnitte zunächst am Pramhof als versteinerungsreich, namentlich an *Lamna*-Zähnen, bekannt.

Was aber diesen Ablagerungen im bayerischen Gebiete ein besonderes Interesse verleiht, sind die auf dieselben in unzweideutiger Auflagerung nach oben folgenden, mergelig sandigen Schichten mit zwischengelagerten hellgrauen Mergeln, welche, meist dünn geschichtet, fast blätterig brechend, innerhalb eines umfangsreichen Striches von brackischen Ueberresten meist in einer solchen Menge erfüllt sind, dass diese oft einen wesentlichen Antheil in der Zusammensetzung des Gesteins nehmen.

Digitized by Google

Diese brackischen Conchylien tragen ganz unverkennbar den Typus der brackischen Fauna der Kirchberger Schichten bei Ulm an sich und enthalten auch mehrere vollständig identische Arten, wie ich bereits in meiner Beschreibung des bayerischen Alpengebirgs in der Tabelle S. 770 und ausführlicher in jener des ostbayerischen Grenzgebirges S. 785 angeführt habe. Die Fauna enthält nicht viele Arten, ist aber desto reicher an Individuen, namentlich an jener Muschel, welche von mir in der oben angeführten Beschreibung nach einer Bestimmung von M. Hörnes als *Venerupis Guembeli* S. 785 Anm. aufgeführt wurde und dann später von K. Mayer aus den Schichten von Kirchberg als *Tapes Partschi* in den Sammlungen benannt, neuerlich von Rzehak[1]) unter der Bezeichnung *Oncophora socialis* näher beschrieben und abgebildet worden ist. Ausser dieser in erstaunlicher Menge angehäuften Muschel finden sich mit derselben: *Dreissenia claviformis*, *D. amygdaloides*, *Melanopsis impressa*, *Cardium sociale*, *C. solitarium*, *C.* aff. *C. papillosum*, *C.* cf. *friabile*, *Neritina sparsa*.

Die versteinerungsreichen, brackischen Schichten beschränken sich aber merkwürdiger Weise auf ein sehr streng begrenztes Gebiet, welches, in seinen Delta-ähnlichen, dreieckigen Umrissen mit der Spitze nach Norden gerichtet, bei Aidenbach unfern Vilshofen beginnt, mit einer breiten Basis im Süden an der verbreiteten Thalfläche des Zusammenflusses von Inn, Alz und Salzach zwischen Marktl und Erlenbach bei Simbach-Braunau abschliesst und westwärts von einer Linie Walchsing-Pfarrkirchen-Marktl, ostwärts von einer Linie Walchsing-Birnbach-Köstlarn-Erlenbach begrenzt wird. Es entspricht diese Ausbreitung einer Bucht, welche im Norden genau mit dem plötzlich nach Süden gewendeten und über

1) Rzehak, Der Grunder Horizont in Mähren, Verhandl. d. Naturf. Ver. 1882 Bd. XXI.

Digitized by Google

die Donauthalung herübertretenden Urgebirgsrande des bayerischen Waldes beginnt und sich längs dieses Urgebirgsvorsprungs nach Süden fort erstreckt. Es ist zu vermuthen, dass hier die Einmündung eines grösseren Flusses aus dem bayerischen Waldgebiete in einen Busen des miocänen Meeres eine theilweise Aussüzung oder eine brackische Beschaffenheit des Wassers veranlasste, welche die üppigste Entwicklung einer brackischen Fauna neben der in den anstossenden Meerestheilen fortdauernden marinen Bevölkerung gestattete. Aehnlich scheint es sich bei Ulm zu verhalten, wo die plötzliche Wendung der bis dahin rein NO. Richtung des Jurakalkrandes in eine nahezu westöstlich verlaufende Abbruchslinie zu einer Einbuchtung Veranlassung gab, in welche vielleicht ein durch die Riesöffnung hervorbrechender Keuperfluss einmündete.

Bei Brombach, wo in den tiefsten grobkörnigen, glaukonitischen Sanden die vorhin erwähnte reiche Meeresfauna vorkommt, zeigen sich nach oben mehrfache Einlagerungen von feinem, grauem Mergel und damit erscheinen auch zuerst einzelne *Cardien (C. sociale)* noch vergesellschaftet mit *Arca diluvii*, und mit Zunahme der Wechsellagerung von Mergeln und feinen gelblichen Sanden tritt dann der ganze Formenkreis der soeben erwähnten brackischen Fauna, welche in den Schichten bis nahe zu dem hier auflagernden Quarzgeröll emporreicht, hervor. Die zwischenliegende. jedenfalls gering mächtige Braunkohlen-Bildung ist hier nicht deutlich entblösst.

Vollständiger sind die Aufschlüsse bei Simbach-Braunau. Hier treten an den tiefsten Stellen des Innufers und an einigen in die Thalterrasse bei Simbach einschneidenden Wasserrissen glaukonitische, mergelige, dunkelgraue Sande mit einer spärlichen, aber deutlich rein marinen Fauna zu Tag.

Am Fusse des westlich ansteigenden hügeligen Geländes zieht sich das schmale Lager eines hellgrauen, dem Ottnanger Schlier petrographisch sehr ähnlichen Mergels darüber

Digitized by Google

hin, welcher z. B. hinter dem Orte Waltersdorf in einer Grube als Düngermaterial gewonnen wird. Diese Mergel enthalten Meeresconchylien, *Leda*, *Tellina*, *Corbula*. Unmittelbar darüber legen sich mergelige Sande an, welche von brackischen Schalen erfüllt sind und auch hier bis nahe unter den Quarzschotter des Schellenbergs andauern.

In das Simbachthal reichen noch bis gegen Ober-Simbach hin die an einzelnen Stellen unter dem jüngeren Geröll entblössten marinen Sande herein; sie werden aber eine kurze Strecke oberhalb O. Simbachs schon von brackischen Schichten überdeckt, die von hier an über Kirchberg hinaus in den mehrfach sich vergabelnden Thälern an vielen Stellen entblösst sind.

Einer diese Thalzweige, der Aichbach, führt uns zu einem neuen interessanten Aufschlusse zwischen den Häusern von Aich und der Sägmühle. Hier zeigt sich in einer Thongrube unmittelbar über den brackischen Sanden eine Braunkohlenbildung (0,5 m.) mit versteinerungsreichen, hellfarbig grünlich grauen Lettenschichten im Liegenden und Hangenden (je 1,5 m.) und mit einer Decke einer kalkigen Lage, in welcher sich Crocodilreste erkennen lassen. In den fast kalkfreien Lettenschichten sind ziemlich zahlreiche Süsswasserconchylien eingeschlossen, namentlich *Planorbis laevis*, *P. Lartetii*, *Pisidium priscum*, *Bythinia gracilis*, *Ancylus deperditus* (in grosser Menge) und Blätterreste. Es ist dies unzweideutig bereits der Horizont der Braunkohle von Undorf bei Regensburg und der Obermiocänstufe oder der oberen Süsswassermolasse. Ein zweites höheres Flötz streicht oberhalb dieser Stelle den Häusern von Bachmann gegenüber nahe über der Bachsohle auf dem östlichen Thalgehänge zu Tag aus. Es wurden auf demselben bereits Bergbauversuche angestellt. Am Stolleneingange beobachtet man als Liegendes des Flötzes klotzigen, grünlichgrauen Thon mit Blattresten. Darüber liegt dann zuerst eine 1,3 m. mächtige Lignitbraunkohle, welche von einer Blätterkohle (0,10 m.)

Digitized by Google

mit Pechkohlen-artigen Einlagerungen bedeckt wird. Kalkiger Sand und Thonschichten bilden das Hangende des Kohlenflötzes. Darauf folgt 12—15 m. mächtiger Sand und über diesem das erste Lager von ziemlich lockerem weissem Quarzgeröll, das dann noch höher mit schwachen Einlagerungen von Sand und Thon bis nahe zur Höhe bei Freiöd empor reicht (25 m.). Die Hochfläche selbst ist meist von grünlichem, gelb marmorirtem, sandigem Thon und Letten überdeckt.

Die Verhältnisse, unter welchen sich hier die Braunkohlenflötze vorfinden, stimmen mit jenen der Braunkohlenablagerungen in dem benachbarten oberösterreichischen Traunthal-Gebiete, namentlich bei Wolfsegg, Thomasroith und Kohlgrub so vollständig überein, dass an der Gleichalterigkeit dieser Schichtencomplexe nicht zu zweifeln ist.

Südlich und östlich von der Inn- und Salzachthalung ist eine Fortsetzung der brackischen Ablagerung bis jetzt noch nicht ermittelt worden. Es beginnt zwar bereits in diesen Gegenden jene mächtige Aufschüttung von quartären Bildungen, welche meist alle älteren Gesteinsbildungen verhüllt, aber unter derselben lassen sich doch da oder dort die tiefer lagernden Tertiärschichten beobachten. Nach den cursorischen Begehungen dieses Landstrichs durch Herrn Assessor Dr. von Ammon konnten ähnliche brackische Bildungen in den benachbarten oberösterreichischen Gebieten weder bei Burghausen am östlichen Salzachufer, noch bei Geinberg, Gurten und St. Martin, wo sie am ehesten zu erwarten gewesen wären, aufgefunden werden. Diese Schichten scheinen bereits schon auf bayerischem Gebiete ihre lokale östliche Grenze erreicht zu haben.

Am auffallendsten macht sich das plötzliche Verschwinden der brackischen Schichten in dem Hügellande nördlich vom Rottthale zwischen Ortenburg und Birnbach bemerkbar, wo eine Linie von Aunkirchen bei Aidenbach gegen Birnbach

Digitized by Google

gezogen die ungefähre östliche Grenze bezeichnet. Oestlich von dieser Linie tritt an die Stelle der an brackischen Mollusken so reichen Sande und sandigen Mergel eine Reihe mit einander vielfach wechselnder, meist dünngeschichteter hellgrauer Mergel und mergeliger Sande (Blättermergel), in welchen nur sehr spärlich marine Conchylien enthalten sind. Sie entsprechen nach der Schichtenfolge und der Höhenlage genau den westlich anstossenden brackischen Ablagerungen, so dass dieselben als gleichalterige Faciesbildungen betrachtet werden müssen. Beide folgen unmittelbar auf die tieferliegenden, durch die Einschlüsse von grossen Austern und Pecten-Arten gekennzeichneten glaukonitischen Sande. Merkwürdiger Weise stellt sich in einer der am höchsten gelagerten hellgrauen Mergelschichten dieser Reihe in einer Mergelgrube im Dorfe Ottenberg bei Tettenweis eine Anzahl mariner, mit den im typischen Schlier von Ottnang vorkommenden Arten identischer Versteinerungen ein, welche keinen Zweifel darüber lassen, dass wir hier eine mit dem typischen Ottnanger Schlier identische Bildung vor uns haben. Als charakteristische Einschlüsse sind besonders hervorzuheben: *Tellina ottnangensis*, *Solenomya Doderleini*, *Anatina Fuchsi*, *Neaera elegantissima*, *Leda subfragilis*, *L. pellucidaeformis*, *Buccinum Pauli*, *Aturia Aturi*, *Brissopsis ottnangensis*, *Meletta*-Schuppen und zahlreiche *Foraminiferen*.

Auch der chemischen Zusammensetzung nach erweisen sich diese Mergel als nahe mit dem Ottnanger übereinstimmend. Die von Assistenten Schwager vorgenommene Analyse ergab bei gleicher Behandlung mit verdünnter Salzsäure:

Mergel von Ottnang	von Ottenberg	von Prien
	I. in Cl H löslich	
29,58% $\begin{cases} Ca\,CO_3 = 87,4 \\ Mg\,CO_3 = 12,6 \end{cases}$ 100,0	24.82 $\begin{cases} Ca\,CO_3 = 81,4 \\ Mg\,CO_3 = 18,6 \end{cases}$ 100,0	26,87 $\begin{cases} Ca\,CO_3 = 85,3 \\ Mg\,CO_3 = 14,7 \end{cases}$ 100,0
	II. in Cl H unlöslich	
70,42	75,18	73,13
100,00	100,00	100,00

Digitized by Google

Diese Analyse giebt zu erkennen, dass die Mergel so nahe gleich zusammengesetzt sind, als sich dies überhaupt bei mergeligen Schichtgesteinen verschiedener Gegenden erwarten lässt. Namentlich ist die dolomitische Beschaffenheit für dieselben ebenso charakteristisch, wie eigenthümlich.

Der in verdünnter Salzsäure nicht zersetzte Antheil der Mergel war nach der Analyse von Ad. Schwager ziemlich übereinstimmend zusammengesetzt und bestand bei der Probe von Ottenberg aus

Kieselsäure	74,93
Titansäure	1,47
Thonerde	14,02
Eisenoxydul	5,15
Manganoxyd	0,44
Kali	0,68
Natron	0,67
Phosphorsäure	0,21
Wasser und Organischem . .	2,40
	99,97

Es ist bemerkenswerth, dass in dem abgeschlämmten, schwereren und gröberen Rückstande sich bei der Probe von Ottenberg 0,19% Mineralkörnchen fanden, welche ein höheres spezifisches Gewicht als 3,1 besassen. Es wurden unter letzteren ziemlich zahlreiche rundliche und zackige, nicht oktaëdrische, undurchsichtig schwarze Körnchen beobachtet, welche sich als attraktorisch magnetisch erwiesen haben. Es liess sich bei denselben aber ein Gehalt an Nickel und Phosphor nicht mit Sicherheit nachweisen. Dies spricht nicht zu Gunsten der Annahme, dass Meteorstaub einen wesentlichen Beitrag zu diesen marinen Ablagerungen geliefert, wie man vermuthen könnte.

Die Hauptmasse des in verdünnter Salzsäure ungelösten Antheils bestand aus eckigen, meist etwas abgerundeten

Digitized by Google

Quarzkörnchen. Ausserdem fanden sich gleichfalls sehr häufig Blättchen von hellem Glimmer, spärlicher schwarze kohlige, von Pflanzen abstammende Fetzen.

Nach der mikroscopischen Untersuchung von Dr. Thürach betheiligen sich an der Zusammensetzung dieses Rückstandes noch weiter:

Eisenkies in rundlichen Körnchen, reichlich;

Zirkon in abgerundeten Körnchen ziemlich häufig, seltener in kleinen Kryställchen;

Rutil in abgerollten Säulchen, ziemlich häufig;

Turmalin in schwarzen, länglichen Körnchen, von welchen einzelne Stücke Rutilnädelchen umschliessen;

Granat in blassrothen bis farblosen Körnchen, häufig;

Hornblende (stark pleochroitisch) in abgerundeten und eckigen Körnchen, ziemlich häufig;

Staurolith in kleinen Körnchen, nicht selten;

Körnchen von gelbgrüner Farbe, wahrscheinlich Epidot;

Chloritblättchen;

Glaukonit in kleinen rundlichen Körnchen, selten.

Diese bunte Mineralzusammensetzung scheint zu beweisen, dass die feinen Rückstände des Mergels hauptsächlich aus zersetzten Urgebirgsgesteinen des benachbarten krystallinischen Gebirgs eingeschwemmt worden sind.

Die relativ geologisch hohe Lage, welche sowohl diese Mergel in den Profilen am Fusse der Alpen bei Traunstein und Prien, wie am Rottthalgehänge bei Ottenberg in der Reihenfolge der Miocänenschichten einnehmen und welche mir nicht in Uebereinstimmung zu stehen schien mit der bisher dem Schlier angewiesenen Stellung in der ersten Mediterran-Stufe oder doch an der Basis der Grunder Schichten (tiefstes Glied der zweiten Mediterran-Stufe), liess es mir wünschenswerth erscheinen, nunmehr auch die Lagerungsverhältnisse des typischen Schliers bei Ottnang selbst näher kennen zu lernen. Eine in Begleitung des Herrn

Digitized by Google

Assessors Dr. v. Ammon unternommene Untersuchung der Gegend von Ottnang ergab nun das interessante Resultat, dass auch der typische Schlier von Ottnang nicht etwa den tieferen Lagen der miocänen marinen Tertiärablagerungen Oberösterreichs, sondern den hangendsten Schichten angehört, welche nur einige Meter unterhalb der Traunthaler Braunkohlenschichten ihre Stelle finden.

Schon in der Gegend von Ried befinden wir uns in relativ hohen Schichten der hier in grosser Mächtigkeit ausgebreiteten, zwar marine Schalthierreste, aber nicht in grösserer Häufigkeit umschliessenden Blätter-Mergel und -Sande, von gleichem Charakter mit den auch in bayerischem Gebiete vorkommenden Ablagerungen. Den wahrscheinlich tiefsten Horizont nehmen hier die schon durch v. Hauer[1]) bekannt gewordenen glaukonitischen Sande am Schachinger-Keller bei Mettmach, ungefähr 12 klm. in WSW. Richtung von Ried ein. v. Hauer führt an, dass in diesem Sande gefunden wurden: Fischzähne von *Phyllodus umbonatus*, *Hemipristis serra*, *Lamna elegans*, *L. contortidens*, *L. crassidens*, *Myliobates subarcuatus*, ferner Schildkröten-Reste, Halswirbel von *Manatus (?)* und Panzerplatten von *Psephophorus polygonus*. Er stellt auf Grund dieser Einschlüsse dieselben in Parallele mit den Sandschichten von Neudörfel an der March im Wiener-Becken, welche als eine Facies des Leithakalkes angesehen werden. Wir fanden an dieser Stelle neben den Fischzähnen zugleich zahlreiche, meist verbrochene oder sehr zerbrechliche Molluskenschalen von *Ostrea*, wahrscheinlich *crassissima*, *O. digitalina*, *Pecten* cf. *palmatus*, *Anomia costata*, *Dentalium mutabile*, *Turbinella subcraticulata*, *Natica helicina* und sehr zahlreiche Exemplare von Korallen, unter welchen die einen der *Cladocora caespitosa* Lin. spec. am

1) Verh. d. k. k. geol. Reichsanstalt 1868, S. 387.

Digitized by Google

nächsten stehen, die anderen wohl mit *Cladocora multicaulis* Mich. identisch sind.

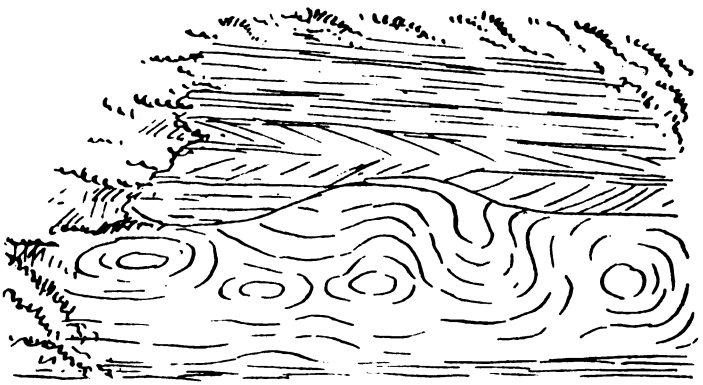
Diese Ablagerung macht im Ganzen den Eindruck, wie jene der marinen Sande bei Ortenburg, im Rottthale und bei Schärding und theilt ebenso mit gewissen Schichten am Alpenrande, namentlich mit jenen am Simsee und am Inn N. von Rosenheim, wo dieselben Korallen vorkommen, die gleiche Beschaffenheit. Es wechseln in der Sandgrube hinter dem Kellerhaus von Mettmach drei Lagen gröberen, stark glaukonischen, versteinerungsreichen Sandes auf etwa 3 m. Höhe mit feineren Sanden. Darüber legen sich streifige, glaukonitische, feine Sande mit ausgezeichneten schiefen Anwachsstreifen im Wechsel mit Blättermergel und in diese übergehend in einer Mächtigkeit von 40 m. an. Oben werden sie von oft rostfarbigem Quarzgeröll überdeckt, welches jedoch nur verschwemmtem d. h. diluvialem Schotter anzugehören scheint.

Dieser grobe Austernsand ist offenbar die liegendste Tertiärschicht der in der Rieder Gegend ursprünglich aufgeschlossenen Tertiärbildungen, während die Blättermergel und -Sande hier eine ungemein grosse Verbreitung gewinnen und in zahlreichen Sand- oder Mergelgruben aufgeschlossen sind. Ueber die höchsten Höhen endlich breitet sich das im Hausruck herrschende weisse Quarzgeröll aus, erscheint aber auch vielfach auf sekundärer Lagerstätte von den Höhen verschwemmt an tiefer liegenden Stellen, wie z. B. am Mettmacher Keller. Die Blättermergel und -Sande sind sehr versteinerungsarm, oft auf grosse Strecken sogar ganz leer, wenn sich nicht von zertrümmerten Pflanzenresten angefüllte Zwischenlagen einstellen. Die etwa vorkommenden Molluskenreste beschränken sich auf kleine *Leden*, *Nuculen* und *Tellinen* vom Typus etwa des Ottnanger Schliers, so z. B. an den Kellern von Ried.

Am Wechsel unfern Holzleiten durchfährt die Eisenbahn mit einem Tunnel das Quarzgeröll und es senkt sich dann die Bahn nach Ottnang zu wieder bis tief in die gleichen

Digitized by Google

Blättermergel und -Sande wie bei Ried ein. Auch hier sind diese in sehr zahlreichen Gruben zunächst an und um Ottnang aufgeschlossen. Es lässt sich im Allgemeinen wahrnehmen, dass in den tieferen Lagen die Schichten eine mehr mergelige, in den höheren mehr sandige Beschaffenheit besitzen.



Schichtenbiegungen in einer Sandgrube bei Ottnang.

In hohem Grade eigenthümlich sind die Biegungen, Windungen und Faltungen der sandigen Mergel, wie sie sich in einer grossen Grube unterhalb der Eisenbahn in der Richtung gegen Redl bei Ottnang zeigen. Diese Schichtenwindungen steigern sich stellenweise in der Weise, dass grosse, Concretionen-artige Linsen sich herausbilden, um welche die Schichtenstreifen ringsum concentrisch sich umbiegen. Nach oben schliessen solche stark gewundene Schichtenlagen mit uneben welligen Flächen, mit Erhöhungen und Vertiefungen ab, über welche dann erst vollständig normal und horizontal sich anlegende höhere Schichten folgen. Auch die liegenden Schichten sind vollständig regelmässig und ebenflächig ausgebildet. Es müssen mithin diese Schichtenwindungen unmittelbar bei oder kurz nach der Ablagerung des

Digitized by Google

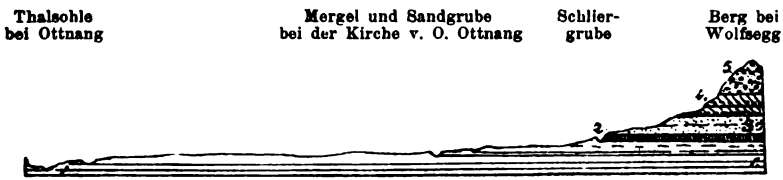
Materials entstanden und, da solche Schichten nach oben uneben begrenzt sind, von Fluthungen theilweise erodirt worden sein. Man kennt dem Aussehen nach ähnliche Schichtenwindungen wohl auch anderwärts. Th. Fuchs[1]) beschreibt eine Anzahl gleicher Vorkommnisse in Wiener Tertiärschichten und weist auf die in verschiedenen Gegenden erkannten analogen Erscheinungen hin. Auch Credner[2]) bespricht solche Schichtenwindungen in Sachsen und liefert einen umfassenden Literaturnachweis, auf den wir uns hier der Kürze wegen beziehen.

Dass wir es in unserem Falle weder mit Wirkungen von Druckkräften, wie solche bei Verwerfungen vorkommen, noch mit solchen eines Gletscherschubs zu thun haben, bedarf nach den angedeuteten Lagerungsverhältnissen keines näheren Nachweises. Die Ursache dieser Erscheinung muss eines Theils in der ursprünglichen, sandigen, kurz nach Ablagerung des Materials noch von Wasser reichlich durchtränkten und dadurch beweglichen Beschaffenheit der Absatzmasse, welche bis zu einem gewissen Grade plastisch und leicht verschiebbar sich verhielt, anderen Theils in dem Umstande gesucht werden, dass die Masse örtlich nach einer oder mehreren Seiten hin, sei es durch hier stattgehabte Auswaschungen oder durch ursprüngliche Unebenheiten des Absatzbodens gleichsam eines Widerlagers beraubt, nach solchen keinen Halt bietenden Richtungen sich bewegen konnte und bei diesem langsamen Abfliessen des aus ungleichem, theils rein sandigem, theils mergeligem Material bestehenden Schichtencomplexes im Vorwärtsdringen bald gehindert und angestaut, bald begünstigt ungleichförmig sich bewegte. Auf diese Weise wurden jene sonderbaren Biegungen und Windungen erzeugt, wie man sie auch bei dem Abwärtsgleiten

1) Fuchs im Jahrb. d. k. k. geol. Reichsanstalt XXII, 309.
2) Credner in Zeitschr. d. d. geol. Ges. 32, 75.

Digitized by Google

durchnässten, lehmigen Gehängeschutts öfters beobachten kann. Th. Fuchs hat bereits eine zutreffende Erklärung dadurch gegeben, dass er diese Erscheinungen auf spontane, nur durch die allgemeine Schwerkraft bedingte Massenbewegung zurückführt.



1 : 10000 in Länge und Höhe

VII. Profil durch die Miocänschichten und den Schlier bei Ottnang. 1) Marine Sande und Blättermergel; 2) Schlier von Ottnang; 3) obere sandige Lagen: 4) Traunthaler Braunkohlenbildung; 5) Quarzschotter- und Conglomerat.

Oberhalb des Bahnhofs von Manning an dem Wege von Manning nach Ober-Ottnang, der Kirche von O.-Ottnang gegenüber und an zahlreichen anderen Stellen sind meist ausgedehnte Gruben behufs Gewinnung theils von Mergel, theils von Sand in diesen sandigen mergeligen Blätterschichten angelegt. Sie reichen bis zu jener grossartigen Mergelgrube zwischen Ottnang und Wolfsegg, welche in dem dort mächtig anstehenden, sehr versteinerungsreichen typischen Schlier alle die berühmten organischen Ueberreste des Schliers geliefert hat. Die Mergellagen, nur von wenigen glimmerigen sandigen Zwischenschichten unterbrochen, erlangen hier eine Mächtigkeit bis zu 10 m. und gehen nach oben unmittelbar in versteinerungsarme und -leere sandige Mergel und in lockeren Sand über.

Dieser hangende Sand reicht in einer Mächtigkeit von beiläufig 15 m. bis zu einer neuen, gleichförmig sich anlegenden Schichtenreihe, welche die bekannten Traunthaler Braunkohlenflötze in sich schliesst. Es tritt damit eine bemerkenswerthe Aenderung in der Beschaffenheit der Schichten

Digitized by Google

ein, indem an der Stelle der tieferen Mergelbildungen fast kalkfreie Letten- und Thonschichten als wesentliche Glieder der auf mehrere Flötze vertheilten Braunkohlenablagerung erscheinen.

Die Mächtigkeit der Braunkohlen-führenden Schichten[1]) wechselt zwischen 20—50 m. Sie werden unmittelbar von dem Quarzgeröll und -Conglomerat des Hausruckgebirges bedeckt und bestehen nach der Angabe der Wolfsegg zunächstliegenden Zeche Kohlgrub aus folgenden einzelnen Lagen:

Hangendes: Quarzgeröll.

1) Sandiger Thon und Letten, oft bituminös gegen 1 m. mächtig
2) Oberes Braunkohlenflötz . 0,75—2 . .
3) BituminöserLettenschiefer . 1 . .
4) Mittleres oder Haupt-Braunkohlenflötz gegen 4,5 m. mächtig

Dasselbe wird durch ein lettiges Zwischenmittel (sog. Kothläg) in zwei Bänke und durch zwei Streifen von anthracitischer Holzkohle weiter getheilt.

5) Thon- und Lettenschichten von weissgrauer Farbe gegen 7—20 m. mächtig
6) Liegendes Braunkohlenflötz, in Hangenden und Liegenden von einem bituminösen Letten begleitet, dann durch ein lettiges Zwischenmittel (sog. Hohlläg) in zwei Bänke und durch eine Lage anthracitischer Holzkohle weiter gespalten . . . . . gegen 2,5—3 m. mächtig
7) Liegender, sehr plastischer sog. Töpferthon gegen 1—$1^1/_2$ m. mächtig
8) Z. Th. bituminöse blättrige Thone und Lettenschiefer gegen 3 m. mächtig

1) Vergleiche Lorenz, Ueb. d. Entsteh. d. Hausrucker Kohlenlager in Sitz. d. Wien. Ac. XXII. 660; v. Hingenau, D. Braunkohlenlager d. Hausruck-Geb.; Wagner, Verh. d. geol. Reichsanst. 1878, 29.

Digitized by Google

9) Liegender Sand und Mergel ungefähr 15 m. mächtig und dann direkt der versteinerungreiche Schlier von Ottnang.

So arm auch die Braunkohlenthone an organischen Einschlüssen sind, so lassen doch die Funde bei Freiöd mit *Ancylus deperditus*, *Bythinia gracilis*, *Planorbis Larteti*, *Pisidium priscum* keinen Zweifel, dass dieselben in die Stufe der *Helix sylvana* einzureihen sind. Sie entsprechen demnach im Alter den sarmatischen Schichten des Wiener Beckens. Dazu kommt, dass in den Thon- und Lettenschichten (Nr. 5 des Profils) zwei Säugethier-Ueberreste gefunden worden sind, nämlich *Hippotherium gracile* (Zahn) und *Chalicotherium*, über welche Tausch[1]) berichtet hat. Er folgert aus diesen Einschlüssen, dass die Kohlenbildungen des Hausruckgebirgs ihrem geologischen Alter nach gleichzustellen sind dem Belvedere-Schotter von Wien und den Sanden von Eppelsheim (oberstes Miocän oder tiefstes Pliocän). Dieser Schlussfolgerung kann nur unter dem Hinweis beigestimmt werden, dass *Hippotherium gracile* sehr langlebig schon mit *Mastodon angustidens* in der Schweizer Molasse vorkommt, allerdings sich auch bei Eppelsheim findet und dass *Chalicotherium* gleichfalls auf zwei Horizonten, dem von Sansan und von Eppelsheim, vertheilt gefunden wird. So viel ist aber sicher, dass diese Braunkohlenbildung auf der Grenze zwischen Miocän und Pliocän steht.

Es ist nun weiter zu constatiren, dass der typische Schlier von Ottnang um nur weniges tiefer (etwa 15—20 m.) seine Stelle findet und seiner geologischen Lage nach nicht der tiefsten, sondern nur den höchsten Horizonten der zweiten Mediterranstufe angehören kann, in keinem Falle, selbst wenn man annehmen wollte, dass alle anderen Glieder der zweiten Mediterranstufe in diesem Gebiete fehlen würden, zum Untermiocän gerechnet werden darf, dessen

1) Tausch, Verh. d. geol. Reichs 1883, 147.

Digitized by Google

Vorhandensein hier überhaupt von Vielen bezweifelt wird, oder welches nur in den allertiefsten, durch sehr mächtige Zwischenlagen vom Schlier getrennten, glaukonitisch-trümmerigen, an Austern und Pektenarten sowie an Fischzähnen reichen Sanden von Mettmach, Schärding, Pfarrkirchen, Ortenburg u. s. w. vertreten ist.

Es will damit nicht ausgesprochen werden, dass Alles das, was man als Schlier in anderen Gegenden bezeichnet hat, gleichfalls einem so hohen geologischen Horizonte angehöre, sondern vorläufig gilt dieser Nachweis nur für den Schlier der typischen Fundstelle bei Ottnang. Jedenfalls muss die Bezeichnung Schlier für eine bestimmte Stufe der Tertiärgebilde, wie dies bereits R. Hörnes ausgesprochen hat, vermieden werden.

Mit diesem Nachweise einer relativ hohen Stellung des Ottnanger Schliers in der Reihe der Miocänschichten stimmt auch im Ganzen der Habitus seiner Fauna am besten überein, wie ja bereits M. Hörnes gleich bei dem ersten Bekanntwerden der Versteinerungen von Ottnang die Parallele mit dem Badener Tegel gezogen hat. An diesem Vergleiche ändert auch der Umstand nichts, dass R. Hörnes später in einer besonderen Abhandlung über die Ottnanger Schlierfauna diese Ablagerung für ein Glied der ersten Mediterranstufe anzusprechen sich veranlasst sah. Denn auch nach dieser paläontologischen Monographie haben der Schlier von Ottnang und der Badener Tegel zahlreiche Arten gemeinsam, bei andern Arten aber stellt sich mindestens eine grosse Aehnlichkeit heraus.

Die als dem Schlier eigenthümlich zugesprochene Species sind meist neu aufgestellte Arten, über deren Trennung von Formen der zweiten Mediterran-Fauna man in den allermeisten Fällen wohlbegründete Bedenken hegen darf. Unter diesen Umständen ist auch auf die faunistische Abgrenzung des

Digitized by Google

Ottnanger Schliers von den Schichten der sog. zweiten Mediterranstufe kaum ein Gewicht zu legen und die Entscheidung über seine geologische Stellung muss sich demnach hauptsächlich auf die Lagerung stützen, welche, wie hier nachgewiesen wurde, eine sehr hohe in der Gesammtreihe der Miocänschichten ist.

Ein besonderes Interesse erregt die auf der Braunkohlen-Ablagerung unmittelbar aufgesetzte, ungemein mächtige und weit verbreitete Quarzgeröllbildung, welche man wohl mit vollem Recht dem Belvedere-Schotter des Wiener-Beckens gleichgestellt hat. Diese in den östlichen Theilen Bayerns bereits fast ausschliesslich aus quarzigen Rollstücken bestehende, bald als Schotter, bald als Conglomerat ausgebildete Ablagerung entwickelt sich aus der in den westlichsten Theilen des oberen Donaubeckens zwischen den sandigen und mergeligen Bänken eingebetteten Nagelfluh der jüngeren Süsswassermolasse, welche nach Osten zu allmählig in meist nur locker zusammengehäufte, nahezu ausschliesslich aus den härtesten Alpengesteinen namentlich der Flyschzone bestehende Gerölllagen übergeht. Oestlich von der Isar nehmen die Rollsteine aus weissem Quarz unter gleichzeitiger Abnahme aller sandigen und thonigen Zwischenlagen bereits in einer Weise überhand, dass man die ganze Masse als Quarzgeröll bezeichnen kann. Meist liegen die stark abgeschliffenen und wohlgerundeten Rollstücke lose zusammengepackt; in der Gegend südlich von Passau aber kommt es häufig vor, dass diese Gerölle in unregelmässigen, oft linsenförmigen Lagen durch eine feine, deutlich krystallinische, weisse Quarzmasse zu einem äusserst festen Gestein verkittet sind. Vielfach liegen ausgewitterte Blöcke dieses Quarzconglomerats an der Oberfläche zerstreut und gleichen wie in der Beschaffenheit des feinkörnigen Quarzbindemittels, so auch in der Verbreitungsart den sog. glacirten Blöcken des Braunkohlensandsteins. Nur selten kommt es, wie am Schloss

Digitized by Google

von Wolfsegg beobachtet wurde, vor, dass auch Kalk das Kitt- und Bindemittel der Gerölle ausmacht.

So weitaus vorwaltend auch der weisse Quarz, welcher häufig durch anhängende und mit der Masse verflaserte Streifen von Glimmerschiefer oder Phyllit seine Abstammung aus den Quarzlinsen der Glimmerschiefer- und Phyllitzone der Centralalpen verräth, als Bestandtheil der Gerölle auftritt, so finden sich in den östlichen Gebietstheilen auch noch andere härtere Alpengesteine den Quarzrollstücken freilich meist nur spärlich beigemengt. In einer ganz unzweifelhaft diesen Quarzgerölllagen angehörigen grossen Schottergrube unmittelbar über der Braunkohlenbildung von Kohlgrub bei Wolfsegg wurde versucht, diese fremdartigen Gesteine aus der grossen Menge der Quarzrollstücke herauszulesen.

Es fanden sich am häufigsten Rollstücke von hartem, rothem Werfener Sandstein und von Verrucano, nicht selten auch von Granit in vielen Varietäten (kein Juliergranit), von Gneiss und quarzigem Glimmerschiefer. Ferner liefern Beiträge Hornblendeschiefer und Granat-führender Diorit, (mehr vereinzelt) rother Felsitporphyr, schwarzer Augitophyr, grüne Epidot-reiche Gesteine, sog. Pietra verde und dem Suldenit ähnliche Fragmente. Ein Theil scheint selbst aus den nördlichen Urgebirgsgegenden zu stammen. Harte Kalke und Dolomite fehlen zwar nicht gänzlich, zeigen sich jedoch so selten, dass unter den eingesammelten 25 Geröllstücken nicht quarziger Gesteine nur drei Exemplare dem Kalk angehörten.

Manche Quarzgerölle sind angefressen und zuweilen soweit einseitig ausgewittert, dass gleichsam nur eine Schalenhülle übrig geblieben ist. Das Innere solcher Aushöhlungen ist oft mit traubigem Eisenerz- und Psilomelanüberzug versehen. Derartige angefressene Quarzgeschiebe sind wohl dadurch entstanden, dass ursprünglich mit der Quarzmasse verbundene Glimmer- oder Phyllittheile und -Flasern nach und nach

Digitized by Google

ausgewittert sind und einen Hohlraum zurückgelassen haben, in welchem sich Eisen- und Manganmineralien nachträglich angesiedelt haben.

Fassen wir die Ergebnisse der vorliegenden Mittheilungen kurz zusammen, so lassen sie sich etwa in folgenden Sätzen zum Ausdruck bringen:

1) Die nacheocänen Tertiärablagerungen in dem oberen Donaugebiete zwischen den Rändern der Nordalpen, des schwäbisch-fränkischen Juragebirgs und des hercynischen Urgebirgs stehen in westlicher Richtung in unmittelbarer Verbindung mit den Molassebildungen der Schweiz, deren Fortsetzung sie ausmachen und in indirekter Verbindung mit jenen des mittleren Rheinthales. Auch ostwärts treten sie mit den räumlich mehr abgetrennten Tertiärgebilden im ausseralpinen Wienerbecken in direkte Beziehung.

2) Eigenthümlich für dieses Tertiärgebiet ist:

a) die grossartige Entwicklung der typischen oberoligocänen Cyrenenmergel am Alpenrande, welche sowohl in der Schweiz und Oesterreich, wie am Nordrande des Beckens fehlen.

b) Das Vorkommen der typischen Landschneckenkalke (Stufe der *Helix rugulosa*) am nordwestlichen Beckenrande und deren Beschränkung auf einen schmalen Strich dieses Randes, welcher ostwärts nur bis in die Umgegend von Ulm reicht.

c) Die Stellvertretung der Stufe der *Helix rugulosa* im subalpinen Gebiete durch sandige und mergelige Süsswasserschichten mit Blattresten in der Ausbildungsweise der Molasse (Blättermolasse), welche sich jedoch, wie die Cyrenenmergel, ostwärts nur bis zur Salzach erstreckt.

d) Das Auftreten von mittelmiocänen, brackischen Ablagerungen (Kirchberger Schichten) innerhalb engbegrenzter Theile (Gegend von Ulm und in Niederbayern) des oberen Donaugebiets.

Digitized by Google

3) Da hier die mit der Ablagerung der Cyrenenmergel beginnende Aussüssung des Beckens ohne Unterbrechung und ohne Discordanz der Schichtenablagerung bis in die Zeit des Absatzes der Blättermolasse und des mit ihr gleichalterigen Landschneckenkalks fortdauerte und erst mit der Entstehung der miocänen Meeresmolasse eine grossartige, durch den erneuerten Einbruch von Meeresgewässer bezeichnete Katastrophe für dieses Gebiet eintritt, so erscheint es für letzteres den hier eingetretenen Entwicklungsverhältnissen entsprechender, die Grenze zwischen der älteren und jüngeren Schichtenreihe da zu ziehen, wo die Blättermolasse (bez. Landschneckenkalk) aufhört und die obere Meeresmolasse ihren Anfang nimmt, so dass erstere mithin noch den oligocänen Schichten anzureihen, letztere in ihren tiefsten Lagen als älteste Miocänbildung aufzufassen wäre.

4) Die tiefsten Lagen dieser hier durch das erstmalige Auftreten der *Ostrea crassissima* neben vielen anderen Austern-Arten und durch das Vorkommen zahlreicher *Pecten*-Arten gut charakterisirten Meeresmolasse sind als Vertreter der unteren Miocänstufe (Langhien K. Mayer's) anzusehen. Die darüber liegenden, z. Th. meist glaukonitischen und mergeligen marinen Sande und Mergel mit den versteinerungsarmen Blättermergeln und Sanden des Ostgebiets bilden die Stufe des Mittelmiocäns.

5) Die auf halbausgesüsste kleinere Buchten des Beckens beschränkten brackischen Schichten bei Ulm (Kirchberger Schichten) und bei Passau in Niederbayern erweisen sich nur als eine Facies der sonst marinen mittelmiocänen Meeresmolasse und des Blättermergels. Sie sind trotz der nahen Verwandtschaft ihrer Fauna mit jener der östlichen pliocänen Congerien-Schichten bezüglich ihres Alters letzteren nicht gleichzustellen, ihre Fauna scheint jedoch die Vorläuferin und den Ausgangspunkt für letztere auszumachen, so dass diese sich auch örtlich aus der älteren Formenreihe unmittelbar

Digitized by Google

entwickelt zu haben und nicht erst aus fremden Meeren eingewandert zu sein scheint.

6) Das Wiederauftauchen ganz der gleichen brackischen Schichtenreihe in Mähren (nach Rzehak und Sandberger) spricht für eine direkte, dauernde Verbindung der Gewässer des oberen Donaubeckens mit jenem von Horn und in Mähren.

7) Der durch seinen Reichthum an Versteinerungen ausgezeichnete Schlier von Ottnang nimmt eine der höchsten Lagen in der Reihe der mittelmiocänen Schichten (Blättermergel und -Sand) ein und kann seiner Lagerung nach nicht mit den Grunder Schichten, viel weniger aber mit den Schichten der ersten Mediterran-Stufe auf gleiches Niveau gestellt werden. Da übrigens der Ausdruck „Schlier" örtlich (Oberösterreich) für die Bezeichnung jedes entschieden mergeligen Gesteins angewendet wird, so kann derselbe ohnehin nicht wohl für die Benennung eines bestimmten geologischen Horizontes gebraucht werden.

8) Die auf den mittelmiocänen, marinen Schichten nach oben folgenden Bildungen der sog. oberen Süsswassermolasse und der Braunkohlen-führenden lettig-thonigen Schichten, welche in vielen kleinen Eintiefungen des Juragebirgs-Randes durch Süsswasserkalke mit *Helix sylvana* ersetzt werden, vertreten zum grossen Theil die Stufe des Obermiocäns und sind mit den sarmatischen Ablagerungen des Ostens von gleichem Alter.

9) Die erst über diesen Braunkohlenschichten sich ausbreitenden, weit vorherrschend aus Rollstücken von weissem Quarz bestehenden Geröll- und Conglomeratlagen entwickeln sich aus den Geröllbänken der oberen Süsswassermolasse und schliessen die obermiocäne Schichtenreihe naturgemäss ab.

Digitized by Google

Berichtigungen.

S. 224	Z.	6	v. u.		lies	Grobkalk	statt Grubkalk
„ 228	„	7	„ o.		„	Oligocän	„ Oligoeän
„ 228	„	17	„ o.		„	brackisch	„ brachisch
„ 230	„	12	„ u.		„	Bollingen	„ Bolligen
„ 231	„	1	„ o.		„	Leithakalk	„ Leitkakalk
„ 234	„	14	„ o.		„	Süsswasser	„ Südwasser
„ 234	„	14	„ u.		„	letzteren	„ letzterzen
„ 236	„	2	„ o. u.	13 v. u.	„	Fraas	„ Fraass
„ 239	„	6	„ o.		„	Tertiärgebilde	„ Tertiärgebilden.

Digitized by Google

Verzeichniss der eingelaufenen Druckschriften

Januar bis Juni 1887.

Die verehrlichen Gesellschaften und Institute, mit welchen unsere Akademie in Tauschverkehr steht, werden gebeten, nachstehendes Verzeichniss zugleich als Empfangsbestätigung zu betrachten. — Die zunächst für die I. und III. Classe bestimmten Druckschriften sind in deren Sitzungsberichten 1887 Band II Heft 1 verzeichnet.

Von folgenden Gesellschaften und Instituten:

Royal Society of South Australia in Adelaide:

Transactions and Proceedings. Vol. IX. for 1885—86. 1887. 8°.

K. Akademie der Wissenschaften in Amsterdam:

Verhandelingen Afd. Natuurkunde. Deel XXV. 1887. 4°.
Verslagen en Mededeelingen. Afd. Natuurkunde. Reeks III. Deel 2. 1886—87. 8°.

Société des études scientifiques in Angers:

Bulletin. Supplément à l'année 1884. Année XVe. 1885. 1885—86. 8°.

Johns Hopkins University in Baltimore:

American chemical Journal. Vol. VIII. Nr. 6. Vol. IX. Nr. 12. 1886—87. 8°.
American Journal of Mathematics. Vol. IX. 2 u. 3. 1887. 4°.

Magnetical und Meteorological Observatory in Batavia:

Observations. Vol. VI. Supplement. Vol. VII. 1886. Fol.
Regenwaarnemingen in Nederlandsch Indie. 7. Jaarg. 1885. 1886. 8°.

Commission für die Beobachtung des Venusdurchganges in Berlin:

Die Venus-Durchgänge 1874 und 1882. Ber. über die deutschen Beobachtungen hsg. von A. Auwers. Bd. IV. 1887. 4°.

K. Preuss. Geologische Landesanstalt und Bergakademie in Berlin:

Jahrbuch für die Jahre 1880—85. 1881—1886. gr. 8°.
Abhandlungen zur geologischen Specialkarte von Preussen. Bd. I. Heft

Digitized by Google

1—4. Bd. II. 1—4. Bd. III. 1—4. Bd. IV. 1—3. Bd. V. 1—4. Bd. VI. 1—3. Bd. VII. 1. 2. Bd. VIII. 1. nebst den dazu gehörigen Atlanten. 1872—85. gr. 8° u. 4°.

Katalog der Bibliothek der K. geologischen Landesanstalt und Bergakademie. Nachtrag 1875—1886. 1887. gr. 8°.

K. Preussisches Meteorologisches Institut in Berlin:

Ergebnisse der meteorologischen Beobachtungen im Jahre 1885. 1887. 4°

K. technische Hochschule in Berlin:

Die Fortschritte der Chemie in den letzten 25 Jahren. Rede von Friedrich Rüdorff. 1887. 4°.

Deutsche chemische Gesellschaft in Berlin.

Berichte. 19. Jahrg. 1886. Nr. 18. 19. 20. Jahrg. 1887. Nr. 1—10. 1886—87. 8°.

Deutsche geologische Gesellschaft in Berlin:

Zeitschrift. Bd. 38. Heft 4. Bd. 39. Heft 1. 1886—87. 8°.
Katalog der Bibliothek. 1887. 8°.

Medicinische Gesellschaft in Berlin:

Verhandlungen. Jahrg. 1885/86. Bd. 17. 1887. 8°.

Physikalische Gesellschaft in Berlin:

Die Fortschritte der Physik im Jahre 1879. XXXV. Abth. 1—3. 1885/86. 8°.
" " " " " 1881. Abth. 1—3. 1885—87. 8°.
Verhandlungen. V. Jahrg. 1887. 8°.

Verein zur Beförderung des Gartenbaues in Berlin:

Deutsche Gartenzeitung. Jahrg. I. 1886. Nr. 1—52. 8°.

Zeitschrift für Instrumentenkunde in Berlin:

Zeitschrift. 6. Jahrg. 1886. Heft 12. 7. Jahrg. 1887. Heft 1—5. 1886—87. gr. 8°.

Naturhistorischer Verein der preussischen Rheinlande in Bonn:

Verhandlungen. 43. Jahrgang (= 5. Folge 3. Jahrgang) 2. Hälfte. 1886. 8°.

Société de géographie commerciale in Bordeaux:

Bulletin. 1886. Nr. 23. 24. 1887. 1—13. 1886—87. 8°.

Société Linnéenne in Bordeaux:

Actes. Vol. 39. 1885. 8°.

Boston Society of natural History in Boston:

Memoirs. Vol. III. Nr. 12. 13. 1886. 4°.
Proceedings. Vol. 23 part 2. 1886. 8°.

Digitized by Google

Naturwissenschaftlicher Verein in Bremen:

Abhandlungen. Bd. IX. Heft 4. 1887. 8°.
Flora der Ostfriesischen Inseln von Franz Buchenau. Norden 1881. 8°.

Naturforschender Verein in Brünn:

Verhandlungen 1885. Bd. 24. Heft 1. 2. 1886. 8°.
IV. Bericht der meteorolog. Commission des naturforsch. Vereins in Brünn. 1886. 8°.

Académie Royale de médecine in Brüssel:

Bulletin. 3e Sér. tom. III. Nr. 10. Année 1886. 8°.
Bulletin. 4e Sér. tom. I. Nr. 1—5. 1887. 8°.

Société entomologique de Belgique in Brüssel:

Annales. Tom. XXX. 1886. 8°.

Société malacologique de Belgique in Brüssel:

Procès-Verbaux. 1886 p. XCVII—CXLIV. 8°.

K. Ungarische Akademie der Wissenschaften in Budapest:

Természettudományi Értekezések (Naturwissenschaftliche Abhandlungen). Bd. XIV. 9. XV. 3—18 und XV. 1. 1885. 8°.
Mathematikai Értekezések (Mathem. Abhandlungen). Bd. XI. 10. XII. 1—11. 1885. 8°.
Mathematikai Értesitö (Mathematischer Anzeiger). Bd. III. 6—9. IV. 1—6. 1885—86. 8°.
Mathematikai Közlemények (Mathemat. Abhandlungen). Bd. XX. 1. 3. 5. XXI. 1. 1885. 8°.
Mihalkovics Géza. A gerinczes állatok kiválasztó és ivarzerveinek fejlödése (Entwicklung des Harn- und Geschlechtsapparates der Wirbelthiere). 1885. 8°.
Mathematische und naturwissenschaftliche Berichte aus Ungarn. Bd. III. 1885. Bd. IV. 1886. 8°.

K. ungarische geologische Reichsanstalt in Budapest:

Mittheilungen aus dem Jahrbuche. Bd. VIII. Heft 4. 1887. 8°.
Földtani Közlöny. Bd. XVI. Heft 7—12. 1886. 8°.
I. Nachtrag zum Katalog der Bibliothek. 1886. 8°.

Geological Survey of India in Calcutta:

Memoirs. Palaeontologia Indica. Ser. X. Vol. IV. P. 1. 2. XIV. Vol. I. P. 3. 1886. fol.
Records. 1887. Tom. XX. parts 1. 2. 4°.

Meteorological Department of the Government of India in Calcutta:

Meteorological Observations. Juli—Nov. 1886. Jan. 1887. fol.
Report on the Administration of the Meteorlog. Department. 1885—86. 1886. fol.

Digitized by Google

Report on the Meteorology of India in 1884. by Henry F. Blanfurd. 10th year. 1886. fol.
Indian Meteorological Memoirs by Henry F. Blanfurd. Vol. III part 1. Vol. IV part 1. 1886. fol.

Philosophical Society in Cambridge:

Proceedings. Vol. V part 6. Vol. VI part 1. 1886—87. 8°.
Transactions. Vol. XIV part 2. 1887. 4°.

Museum of comparative Zoology at Harvard College in Cambridge, Mass:

Bulletin. Vol. XIII. Nr. 2. 3. 1886—87. 8°.

Astronomical Observatory at Harvard College in Cambridge, Mass:

Annals. Vol. XVII. 1887. 4°.
Henry Draper Memorial. 1. annual report of the photographic study of stellar spectra. 1887. 4°.

Verein für Naturkunde in Cassel:

32. und 33. Bericht. 1886. 8°.

K. Sächs. Meteorologisches Institut in Chemnitz:

Jahrbuch. 1885. 3. Jahrg. 1886. 4°.
Resultate der meteorol. Beobachtungen 1884 u. 1885. Leipzig 1884—85. 8°.

American medical Association in Chicago:

Journal. Vol. VII. Nr. 26. Dec. 1886. gr. 8°.

Norwegische Commission der Europäischen Gradmessung in Christiania:

Geodätische Arbeiten. Heft V. 1887. 4°.
Vandstandsobservationer. Heft 4. 1887. 4°.

Norwegian North-Atlantic Expeditions' Editorial Committee in Christiania:

Den Norske Nordhavs-Expedition 1876—78. XVII. Alcyonida. by D. C. Danielssen. 1887. fol.

Norwegische Universität in Christiania:

Viridarium Norvegicum. Norges Vœxtrige af F. C. Schübeler. Bd. 1. 1885. 4°.
Archiv for Mathematik. Bd. III Beilageheft. VIII. 2—4. IX. 1—4. X. 1—4. XI. 1. 2. 1883—86. 8°.

Chemiker Zeitung in Cöthen:

Chemiker Zeitung. Jahrg. IX. 1887. Nr. 1—50. fol.

Naturforschende Gesellschaft in Danzig:

Schriften. N. F. Bd. VI. Heft 4. 1887. 8°.

Digitized by Google

Academy of natural Sciences in Davenport (Jowa).

Proceedings. Vol. IV. 1882—84. 1886. 8°.

École polytechnique in Delft:

Annales 1886. Livr. 3. 4. 1887. Tom. III. livr. 1. Leide 1886—87. 4°.

Naturforscher-Gesellschaft in Dorpat:

Zwanzigjährige Mittelwerthe aus den meteorologischen Beobachtungen 1866—1885 für Dorpat, von Karl Weihrauch. 1887. 8°.

Union géographique du Nord de la France in Douai:

Bulletin. Tom. VIII. Mai—Décembre 1886. 8°.

Royal geological Society of Ireland in Dublin:

Journal. Vol. XVIII. Part 1. 1887. 8°.

Botanical Society in Edinburgh:

Transactions and proceedings. Vol. XVI. part 3. 1886. 8°.

Edinburgh Geological Society in Edinburgh:

Transactions. Vol. V. part 2. 1887. 8°.

R. Accademia economico-agraria dei Georgofili in Florenz:

Atti. 4. Ser. Vol. IX. disp. 4. 1886. 8°.

Naturwissenschaftlicher Verein des Reg.-Bez. Frankfurt in Frankfurt a/O.:

Monatliche Mittheilungen aus dem Gesammtgebiete der Naturwissenschaften. 4. Jahrg. 1886/87. Nr. 8—12. 8°.

Naturforschende Gesellschaft in Görlitz:

Abhandlungen. 19. Bd. 1887. 8°.

Leopoldinisch-Carolinische D. Akademie der Naturforscher in Halle a/S.:

Leopoldina. Heft XXII. Nr. 23. 24. XXIII. 1—10. 1886—87. 4°.

Naturwissenschaftl. Verein für Sachsen u. Thüringen in Halle a/S.:

Zeitschrift für Naturwissenschaften. Bd. 59. Heft 4. 5. 1886. 8°.

Deutsche Polar-Commission in Hamburg:

Die Beobachtungs-Ergebnisse der deutschen Stationen. Bd. I. II. Berlin. 1886. 4°.

Naturwissenschaftlicher Verein in Hamburg:

Abhandlungen. Bd. IX. Heft 1. 2. 1886. 4°.

Digitized by Google

Verein für naturwissenschaftliche Unterhaltung in Hamburg:

Verhandlungen. VI. Bd. 1883—85. 1887. 8°.

Société Hollandaise des Sciences in Harlem:

Archives Néerlandaises. Tom. XXI. livr. 2. 3. 4. 1886—87. 8°.
Verhandelingen. 3de Verzameling. Deel IV. Stuk 4. 1887. 4°.

Société des sciences de Finlande in Helsingfors:

Observations. Vol I. livr. 1. Vol. II. livr. 1. 1886. fol.

Royal Society of Tasmania in Hobarttown:

Papers and Proceedings of the R. Soc. of Tasmania for 1886. 1887. 8°.

Medicinisch-naturwissenschaftliche Gesellschaft in Jena:

Jenaische Zeitschrift für Naturwissenschaft. Bd. 20. Heft 1—3. 1887. 8°.

Naturhistorisches Landesmuseum von Kärnten in Klagenfurt:

Jahrbuch. 18. Heft. 35. Jahrg. 1886. 8°.
Bericht über die Wirksamkeit im Jahre 1885. 1886. 8°.
Diagramme der magnetischen und meteorologischen Beobachtungen. Jahrg. 1885. 1886. fol.

Ministerial-Kommission zur Untersuchung der deutschen Meere in Kiel:

Ergebnisse der Beobachtungs-Stationen. Jahrg. 1886. Heft 1—6. Berlin 1887. qu. 4°.

Société des Naturalistes an der St. Wladimir-Universität in Kiew:

Sapiski Kiewskago obschtschestwa jestestwo ispytatelei. Tom. VIII. fasc. 2. 1887. 8°.

Physikalisch-ökonomische Gesellschaft in Königsberg in Pr.:

Schriften. 27. Jahrgang. 1886. 1887. 4°.

K. Akademie der Wissenschaften in Kopenhagen:

Skrifter. Naturvid. Afdeling. Bd. IV. Nr. 3. 1887. 4°.

K. K. Akademie der Wissenschaften in Krakau:

Rozprawy (Sitzungsberichte). Mathem.Classe. Bd. XIII. XIV. 1886. 8°.
Pamietnik (Abhandlungen). Mathem. Classe. Tom. XII. 1886. 4°.
Zbiór anthropolog. Tom. X. 1886. 8°.
Sprawozdanie fizyjograf. Tom. XX. 1886. 8°.

Botanischer Verein in Landshut:

10. Bericht für die Jahre 1886/87. 1887. 8°.

Société Vaudoise des sciences naturelles in Lausanne:

Bulletin. 3e Sér. Vol. 22 Nr. 95. 1887. 8°.

Digitized by Google

K. Sächsische Gesellschaft der Wissenschaften in Leipzig:

Berichte der math.-phys. Classe. Jahrg. 1886. Supplement. 1887. 8°.
Abhandlungen der math.-phys. Classe. Bd. XIII. Nr. 8. 9. 1887. 4°.

Archiv der Mathematik und Physik in Leipzig:

Archiv. II. Reihe. Theil IV. Heft 4. Theil V. Heft 1. 1887. 8°.

Astronomische Gesellschaft in Leipzig:

Vierteljahresschrift. 22. Jahrg. Heft 1. 1887. 8°.

Journal für praktische Chemie in Leipzig:

Journal. N. F. Bd. 34. Heft 11. Bd. 35. Heft 1—7. 1886—87. 8°.

Meteorological Office in London:

Observations of the International Polar Expeditions 1882—83. Fort Rae. 1886. 4°.

Her Majesty's Stationery Office in London:

Report on the Scientific Results of the Voyage of H. M. S. Challenger. Zoology. Vol. 17. Vol. 18. part I. II. u. Atlas. Vol. XIX. Botany. Vol. 2. 1886—87. 4°.

Zeitschrift „Nature" in London:

Nature. Vol. 35. Nr. 897—913. Vol. 36. Nr. 917—919. London 1887. gr. 8°.

Royal Agricultural Society of England in London:

The Journal. II. Series. Vol. 23. part I. Nr. 45. 1887. 8°.

R. Astronomical Society in London:

Monthly Notices. Vol. 47. Nr. 2—7. Dec. 86—Mai 1887. 8°.

Chemical Society in London:

Journal 1886. Supplementary Number. 1887 Nr. 290—295. January—June. 1886-87. 8°.
Abstracts of the Proceedings. Nr. 32—40. 1887. 8°.

Geological Society in London:

The quarterly Journal. Vol. 42. part 1-4. 1886. 8°.

Linnean Society in London:

Proceedings. Nov. 1883 to June 1886. 1886. 8°.
Journal. Zoology. Nr. 114—116. 126. Botany. Nr. 145—147. 151. 1886. 8°.
Transactions. Series II. Botany Vol. II. part 9. 11. 12. Zoology. Vol. IV. part 1. 1886. 4°.

Royal Microscopical Society in London:

Journal. 1886 Nr. 6. 1887. 1. 2. 3. 8°.

Digitized by Google

Zoological Society in London:

Proceedings. 1886. part IV. 1887. 8°.
Transactions. Vol. XII. part 4. 5. 6. 1886.. 4°.

Société géologique de Belgique in Lüttich:

Procès-verbal de l'assemblée générale du 21. Nov. 1886. 1887. 8°.

Société d'agriculture in Lyon:

Annales V. Série. tom. 6—8. 1883—84—85. gr. 8°.
Histoire des herbiers par le Dr. Saint Lager. Paris 1885. 8°.

Société Linnéenne in Lyon:

Annales. Tom. 30. 31. Année 1883/84. 8°.

Wisconsin Academy of Sciences in Madison:

Transactions. Vol. VI. 1881—83. 1886. 8°.

Government Observatory in Madras:

Results of Observations of the fixed stars. 1887. 4°.

R. Osservatorio di Brera in Mailand:

Pubblicazioni. Nr. 28. 1886. 4°.

Observatorio meteorologico in Mexico:

Memorias de la sociedad scientifica „Antonio Alzate". Tomo I. Cuad. 2. 1887. 8°.

Sociedad de historia natural in Mexico:

La Naturaleza. Tom. VII. entr. 16—18. 1886. fol.

Società dei Naturalisti in Modena:

Atti. Serie 3. vol. 2. p. 129—178. vol. 3. p. 1—48. 1886. 8°.

Académie des Sciences in Montpellier:

Mémoires. Section de médecine. Tom. VI, 1. 1886. 4°.

Royal Society of Canada in Montreal:

Proceedings and Transactions for the year 1885. Vol. III. 1886. 4°.

Natural History Society in Montreal (Canada):

The Canadian Record of Science. Vol. II. No. 5. 6 1887. 8°.

Société Impériale des Naturalistes in Moskau:

Bulletin. 1886. Nr. 4. 1887. Nr. 1. 2. 8°. 1886—87. 8°.

Deutsche Gesellschaft für Anthropologie in Berlin und München:

Correspondenzblatt. 17. Jahrg. 1886. 10—12. 18. Jahrg. 1887. 1—5. München 1886—87. 4°.

Digitized by Google

Société des Sciences in Nancy:

Bulletin. Ser. II. Tom. VIII. fasc. 19. Paris 1886. 8°.

Zoologische Station in Neapel:

Mittheilungen. Bd. VII. Heft I. Berlin 1886. 4°.

Société des sciences naturelles in Neuchatel:

Bulletin. Tom. XV. 1886. 8°.

North of England Institute of Min. and Mechan. Engineers in New-Castle-upon Tyne:

Transactions. Vol. XXXVI. part. I. II. 1887. 8°.

Astronomical Observatory of Yale University in New-Haven:

Transactions. Vol. I. part 1. 1887. 4°.

American Journal of Science in New-Haven:

The American Journal of Science Vol. XXXII. Nr. 190—195. Oct. 1886—March 1887. 8°.

American Geographical Society in New-York:

Bulletin. 1886. Nr 2—5. 1887. Nr. 1. 1886—87. 8°.

Second geological Survey of Pennsylvania in New-York:

Annual Report for 1885. Mit Atlas. Harrisburg 1886. 8°.

Neurussische naturwissenschaftliche Gesellschaft in Odessa:

Sapiski. Tom. XI. 2. 1887. 8°.
Mathemat. Abth. Sapiski. Tom. VII. 1886. 8°.

Società Veneto-Trentina di scienze naturali in Padua:

Bullettino. 1887. Tom. IV. Nr. 1. 8°.

Collegio degli Ingegneri ed Architetti in Palermo:

Atti. Anno 1887. fasc. I. Genn.—Febbrajo. 1887. gr. 8°.

Académie des Sciences in Paris:

Comptes rendus. Tom. 104. Nr. 1—25. 1887. 4°.
Mission scientifique du Cap Horn. 1882—83. Tom. III. 1886. 4°.

Académie de médecine in Paris:

Bulletin. 1887. 3e Sér. Tom. XVII. Nr. 1—25. 1887. 8°.

Moniteur scientifique in Paris:

Moniteur scientifique. 4e Sér. Tom. I. livr. 542—546. Févr.—Juin. 1887. gr. 8°.

Revue Internationale d'Electricité in Paris:

Revue. 3e année. Tom. IV. 1887. No. 25—35. 1887. gr. 8°.

Digitized by Google

Société d'anthropologie in Paris:

Bulletins. IIIe Série. Tom. IX. fasc. 4. Tom. X. fasc. 1. 1886—87. 8°.

Société botanique de France in Paris:

Bulletin. Tom. XXXI. XXXII. 1884—85. 8°.

Société de géographie in Paris:

Comptes rendus. 1887. No. 1—11. 8°.
Bulletin. 4e trimestre. 1886. 8°.

Société zoologique de France in Paris:

Bulletin pour l'année 1886 partie 4. 5. 6. 1887 partie 1. 1886—87. 8°.

Kaiserliche Akademie der Wissenschaften in St. Petersburg:

Mélanges biologiques. Tom. XII. livr. 5. 1886. 4°.

Kais. Universität in St. Petersburg:

Trudy Sankt-Petersburgskago obschtschestwa jestestwo-ispytatelai. (Arbeiten der St. Petersburger Naturforscher-Gesellschaft). Bd. 17. 1886. 8°.
N. Wedenski, Ueber die Beziehungen zwischen Reizung und Erregung im Tetanus. 1886. 8°.

Comité géologique in St. Petersburg:

Bulletins 1886. Vol. V. No. 9—11. Vol. VI. Nr. 1—5. 1886/87. 8°.

Physikalisches Central-Observatorium in St. Petersburg:

Annalen. Jahrg. 1885. Theil I. u. II. 1886. 4°.
Katalog der meteorologischen Beobachtungen in Russland und Finnland von E. Leyst. 1887. 4°.
Ueber Auf- und Zugang der Gewässer des Russischen Reiches von M. Rykatschew. 1887. 4°.
Wahre Tagesmittel der Temperatur von E. Wahlén. 1887. 4°.

Chemisch-physikalische Gesellschaft an der Kais. Universität in St. Petersburg:

Schurnal. Tom. 18. Heft 9. Tom. 19. Heft 1—5. 1886—87. 8°.

Kais. russische Geographische Gesellschaft in St. Petersburg:

Beobachtungen der russ. Polarstation an der Lenamündung. II. Th. Meteorolog. Beobachtungen. 2 Bde. 1886. 4°.

Nicolai-Haupt-Sternwarte in St. Petersburg:

Stern-Ephemeriden auf das Jahr 1887 von W. Döllen. 1886. 8°.

Digitized by Google

Academy of natural sciences in Philadelphia:

Proceedings. 1886. part III. Oct.—Dec. 1887. 8°.

American Pharmaceutical Association in Philadelphia:

Proceedings. 34th annual meeting held at Providence. Sept. 1886. 8°.

American Philosophical Society in Philadelphia:

Proceedings. Vol. XXIII. Nr. 124. 1886. 8°.

Società Toscana di scienze naturali in Pisa:

Atti. Memorie. Vol. VIII. fasc. 1. 1886. 8°.
Processi-verbali. Vol. V. p. 119—202. 1886. 8°.

Museu nacional in Rio de Janeiro:

Archivos. Vol. VI. 1885. 4°.

R. Accademia dei Lincei in Rom:

Atti. Memorie. Classe di scienze fisiche. Ser. IV. Vol. I. 1885. 4°.

Accademia Pontificia dei Nuovi Lincei in Rom:

Atti. Anno 37. Sessione 6—8. 1884. 4°.

Reale Comitato geologico d'Italia in Rom:

Bollettino. 1886 Nr. 9—12. 1887. Nr. 1. 2. 1886—87. gr. 8°.

Ufficio centrale di meteorologia italiana in Rom:

Annali. Serie II. Vol. II. III, 1—3. IV, 1—3. V, 1—3. VI, 1. 3. (1880—84). 1882—86. 4°.

Peabody Academy of Science in Salem:

19. Report. 1887. 8°.

California Academy of Sciences in San Francisco:

Bulletin. Vol. II. No. 5. 1886. 8°.

Academy of Science in Saint Louis:

Transactions. Vol. IV. Nr. 4. 1878—86. 1886. 8°.

Naturwissenschaftliche Gesellschaft in Sanct Gallen:

Bericht über die Thätigkeit während der Jahre 1884/85. 1886. 8°.

Botanischer Verein „Irmischia" in Sondershausen:

Irmischia. 6. Jahrg. 1886. Nr. 5—8. 8°.

Verein für Erdkunde in Stettin:

Jahresbericht 1886. 1887. 8°.

Digitized by Google

Société des Sciences in Strassburg:

Bulletin mensuel. Tom. XX. (1886) fasc. de Déc.—Juin.
Tom. XXI. (1887) fasc. Janv.—Juin. 1886—87. 8°.

Royal Society of New-South-Wales in Sydney:

Journal and Proceedings. Vol. XIX. for. 1885. 1886. 8°.

Observatorio astronómico de Tacubaya (Mexico):

Coordenadas geográficas por Angel-Anguiano. 1886. 8°.

Physikalisches Observatorium in Tiflis:

Meteorologische Beobachtungen im J. 1885. 1886. 4°.

Universität in Tokio (Japan):

Journal of the College of Science. Vol. I, part 1. 2. 1886—87. 4°.

Canadian Institute in Toronto:

Proceedings. 3. Ser. Vol. 4. fasc. 2. 1887. 8°.

Zeitschrift „der Naturforscher" in Tübingen:

Der Naturforscher. 20. Jahrg. 1887. Nr. 3—9. 11—27. 1887. 4°.

Observatoire météorologique de l'Université in Upsala:

Bulletin mensuel. Vol. 18. (année 1886). 1886—87. Fol.

Institut Royal météorologique des Pays-Bas in Utrecht:

Neederlandsch meteorologisch Jaarboek voor 1878. Deel II. 1886. 4°
„ 1886 „ I. 1887. 4°.

Philosophical Society in Washington:

Bulletin. Vol. IX. 1887. 8°.

U. S. Coast and geodetic Survey in Washington:

Report of the Superintendent for the year ending with June 1885. 1886. 4°.

United States Geological Survey in Washington:

Bulletin Nr. 27—33. 1886. 8°.
Monographs of the U. S. Geological Survey. Vol. XI. 1885. 4°.
Mineral Resources of the U. S. Calendar. Year 1885. 1886. 8°.

Smithsonian Institution in Washington:

Annual Report for the year 1884. Part II. 1885. 8°.

Kaiserliche Akademie der Wissenschaften in Wien:

Die Oesterreichische Polarstation Jan Mayen. Bd. II. Abtheil. 2. 1886. 4°.

Digitized by Google

K. K. naturhist. Hofmuseum in Wien:

Annalen. Bd. I. Nr. 3. 4. Bd. II. Nr. 1. 2. 1886—87. 4°.

K. K. Universitäts-Sternwarte in Wien:

Annalen. Bd. 4. 1884. 1886. Fol.

K. K. geologische Reichsanstalt in Wien:

Abhandlungen. Bd. XII. Nr. 1—4. 1886. Fol.
Jahrbuch. Jahrg. 1886. Bd. 36. Heft 2—4. 1886. 4°.
Verhandlungen. 1886. Nr. 6—11. 13—18. 1887. Nr. 1. 1886—87. 4°.

Anthropologische Gesellschaft in Wien:

Mittheilungen. Bd. XVI. Heft 1—4. Bd. XVII. Heft 1. 1886—87. 4°.

K. K. Gesellschaft der Aerzte in Wien:

Medizinische Jahrbücher. Jahrg. 1886. H. 9. 1887. H. 1—4. 1887. 8°.

Geographische Gesellschaft in Wien:

Mittheilungen. 29. Bd. 1886. 8°.

Zoologisch-botanische Gesellschaft in Wien:

Verhandlungen. 36. Band. 3. u. 4. Quartal 1886. 8°.

Physikalisch-medicinische Gesellschaft in Würzburg:

Sitzungsberichte. Jahrg. 1886. 8°.
Verhandlungen. N. F. Bd. XX. Nr. 11. 1887. 8°.

Naturforschende Gesellschaft in Zürich:

Vierteljahresschrift. 31. Jahrg. Heft 3 u. 4. 1886. 8°.

Schweizerische meteorologische Zentral-Anstalt in Zürich:

Annalen. Jahrg. 1885. 4°.

Von folgenden Herren:

Eduardo Abreu in Lissabon:

A Raiva. Relatorio. 1886. 8°.

M. Delauney in Paris:

Explication des taches du soleil. 1886. 8°.

Ernst Fischer in Strassburg:

Beitrag zu dem Drehungsgesetz bei dem Wachsthum der Organismen. Berlin 1887. 8°.

Digitized by Google

A. v. Kölliker in Würzburg:

Der jetzige Stand der morphologischen Disciplinen. Jena 1887. 8°.

M. Lerch in Prag:

Contributions à la théorie des fonctions. 1886. 8°.

M. Lipschitz in Bonn:

Recherches sur la transformation, par des substitutions réelles, d'une somme de deux ou de trois carrés en elle-même. Paris 1886. 4°.

Elias Loomis in New-Haven:

Contributions to Meteorology. Chapter II. 1887. 4°.

H. W. Middendorp in Groningen:

Die Jnjection der Mamma. Leipzig 1887. 8°.

Ernst Siegfried Mittler & Sohn, k. Hofbuchhandlung in Berlin:

Anwendung der Linearprojection zum Berechnen der Krystalle von Martin Websky. 1887. 8°.

S. Nikitin in St. Petersburg:

Bibliothèque géologique de la Russie I. II. 1886—87. 8°.
Recherches géologiques le long de la ligne du chemin de fer Samara-Oufa. 1887. 8°.

Edward C. Pickering in Cambridge, Mass.:

41st annual Report of the Director of the Astronomical Observatory of Harvard College. 1887. 8°.
Heights of the White Mountains. s. l. s. a. 8°.

M. Ph. Plantamour in Genf:

Des Mouvements périodiques du sol (8e année). 1886. 8°.

G. vom Rath in Bonn:

Worte der Erinnerung an Martin Websky. 1887. 8°.

F. v. Sandberger in Würzburg:

Bemerkungen über einige Heliceen im Bernstein der preussischen Küste. Danzig 1886. 8°.

Ernst Sasse in Brandenburg:

Die Erhaltung der Empfindungs-Energie. Berlin 1887. 8°.

Digitized by Google

Arcangelo Scacchi in Neapel:

Sopra un frammento di antica roccia vulcanica inviluppato nella lava Vesuviana del 1872 memoria. 1886. 4^0.
I composti fluorici dei Vulcani di Lazio. 1887. 4^0.
Le eruzioni polverose e filamentose dei vulcani. 1886. 4^0.

Hugo Seeliger in München:

Mémoires de la Société Royale des Sciences de Liége. II. Ser. Tom. 13 Bruxelles 1886. 8^0.

August Tischner in Leipzig:

The fixed Idea of astronomical Theory. 1885. 8^0.

August Weismann in Freiburg i/Br.:

Ueber die Zahl der Richtungskörper und über ihre Bedeutung für die Vererbung. Jena 1887. 8^0.

Johannes Wislicenus in Leipzig:

Ueber die räumliche Anordnung der Atome in organischen Molekulen. 1887. 4^0.

Rudolf Wolf in Zürich:

Astronomische Mittheilungen. Nr. 68 u. 69. 1887. 8^0.

Digitized by Google

Digitized by Google

Sitzungsberichte

der

königl. bayer. Akademie der Wissenschaften.

Mathematisch-physikalische Classe.

Sitzung vom 5. November 1887.

1. Herr E. LOMMEL legt eine von dem correspondirenden Mitgliede OSKAR EMIL MEYER in Breslau eingesandte Abhandlung: „über die Bestimmung der inneren Reibung nach Coulomb's Verfahren" vor.

2. Herr L. RADLKOFER macht eine zweite Mittheilung „über einige Capparis-Arten".

3. Herr L. v. SEIDEL überreicht eine von dem correspondirenden Mitgliede LEO KÖNIGSBERGER in Heidelberg überschickte Abhandlung: „über die für eine homogene lineare Differentialgleichung dritter Ordnung zwischen den Fundamentalintegralen und deren Ableitungen stattfindenden algebraischen Beziehungen".

Ueber die Bestimmung der inneren Reibung nach Coulomb's Verfahren.

Von Oskar Emil Meyer.

(*Eingelaufen 5. November.*)

Für den Reibungscoefficienten einer Flüssigkeit oder eines Gases erhält man aus Versuchen, welche in der Weise Coulomb's[1]) mit schwingenden Scheiben ausgeführt sind, bekanntlich etwas zu grosse Werthe,[2]) wenn man sich der

1) Mém. de l'Inst. nat. T. 3, an IX.

2) Poggendorffs Annalen Bd. 113 S. 67, 1861.

Digitized by Google

von Stokes[1]) und von mir[2]) theoretisch entwickelten Formeln zur Berechnung bedient. Dieser Uebelstand rührt daher, dass es nicht gelungen ist, die mathematische Theorie soweit durchzuführen, dass der Einfluss der inneren Reibung ganz vollständig in Rechnung gezogen wäre. Es ist nur diejenige Reibung berücksichtigt worden, welche zwischen den horizontalen, der schwingenden Scheibe parallelen Schichten der Flüssigkeit ausgeübt wird, nicht aber diejenige, durch welche die Bewegung über den Rand der Scheibe und über die Cylinderfläche, welche die Verlängerung der Randfläche bildet, hinaus an die im äusseren Theile des Behälters befindlichen Flüssigkeitsmassen übertragen wird.

Ein glücklicher Versuch, diesen Mangel auszugleichen, ist kürzlich von Walter König[3]) gemacht worden, indem er zu der auch von mir benutzten Stockes'schen Formel für das logarithmische Decrement der Amplituden ein Correctionsglied hinzufügte. Bei der Berechnung seiner eigenen Beobachtungen bewährte sich diese Verbesserung vortrefflich; ebenso genügt sie, wie ich durch die weiterhin mitgetheilten Zahlen zeigen werde, in sehr befriedigender Weise, um die Abweichung zu beseitigen, welche bisher zwischen meinen Versuchen über die Reibung von Flüssigkeiten und von Luft einerseits und den Beobachtungen über die Strömung in Röhren andrerseits zu bestehen schien.

Das Verfahren, durch welches Herr König zu seiner Verbesserung der älteren Formel gelangt, beruht im wesentlichen auf folgender Betrachtung. Die Reibung des umgebenden Mediums übt auf die Bewegung eines schwingenden Apparats einen doppelten Einfluss aus, indem sie nicht bloss die Schwingungsbögen allmählich verkleinert, sondern auch

1) Cambr. phil. Transact. IX, p. II, S. [78]. 1850.

2) Crelle's Journ. f. Math. Bd. 59, S. 274, 1861.

3) W. König, über die Bestimmung von Reibungscoefficienten u. s. w. Habilitationschrift. Leipzig 1887. Wied. Ann. Bd. 32, S. 193.

Digitized by Google

die Schwingungszeit so vergrössert, als ob das Trägheitsmoment um einen dem logarithmischen Decrement der Amplituden angenähert proportionalen Betrag zugenommen hätte. Diese zunächst einen schwingenden festen Körper betreffende Bemerkung darf auf eine flüssige Masse übertragen werden, und zwar in unserem Falle auf eine über oder unter der Scheibe des Coulomb'schen Apparats befindliche flüssige Scheibe von gleichem Durchmesser, weil nach der angenähert richtigen Voraussetzung der älteren Theorie innerhalb einer solchen, als unendlich dünn gedachten Scheibe keine Verschiebungen der Bestandtheile gegen einander vorkommen. Das Trägheitsmoment einer solchen Scheibe, welches den Werth $\frac{1}{2}\pi\varrho R^4\delta$ hat, wenn ich, wie in meinen früheren Abhandlungen, durch ϱ die Dichtigkeit der Flüssigkeit, durch R den Halbmesser der Scheibe und durch δ die Dicke der flüssigen Scheibe bezeichne, wird durch die Reibung an ihrem äusseren Rande scheinbar vermehrt zu dem Betrage

$$\tfrac{1}{2}\pi\varrho R^4\delta(1+2l),$$

worin l nach einer von Klemenčič für das Decrement πl der Schwingungen eines Cylinders in einer Flüssigkeit aufgestellten Formel den Werth

$$l=\frac{1}{R}\sqrt{\frac{2\eta}{\pi\varrho}T}$$

zukommt, wenn η der Reibungscoefficient der Flüssigkeit und T die Schwingungszeit bedeutet. Demnach ist nach König an meinen Formeln die Verbesserung anzubringen, dass die Grösse R^4 durch $R^4(1+2l)$ zu ersetzen sei, oder dass die Zahl

$$x=\frac{\pi\varrho R^4}{4M}\sqrt{\frac{2\eta}{\pi\varrho}T},$$

welche aus dem beobachteten Decrement zunächst berechnet

Digitized by Google

wird, um aus ihr mittelst des bekannten Werthes des Trägheitsmoments M und der übrigen vorkommenden Grössen den Reibungscoefficienten η zu erhalten, noch mit dem Factor $1+2l$ versehen werden müsse.

Theorie.

Es wird nicht überflüssig sein, die Richtigkeit dieses Schlusses durch eine mathematische Rechnung, welche sich auf die in meiner theoretischen Abhandlung enthaltenen Differentialgleichungen stützt, strenger zu beweisen.

Die Auflösung, welche ich jetzt gebe, geht in der Annäherung einen Schritt weiter, als die früher gefundene; doch beruht auch sie noch auf Voraussetzungen, welche der Wirklichkeit nicht völlig genau entsprechen. Ich muss auch jetzt noch einen Theil der wirklich stattfindenden Reibung vernachlässigen, so dass auch die nach den neuen Formeln berechneten Werthe des Reibungscoefficienten noch etwas zu gross ausfallen.

Wenn wir Punkte gleicher Winkelgeschwindigkeit in der Flüssigkeit suchen, so werden wir finden, dass sie geschlossene Oberflächen bilden, welche die Scheibe des Apparats umschliessen, und welche, je näher sie der Scheibe liegen, um so mehr der Gestalt der Scheibe selber, also der Form eines flachen Cylinders ähnlich werden. Daraus folgt, dass an Stellen, welche dicht über oder unter der Scheibe und der Drehungsaxe näher, als der Rand der Scheibe, liegen, die Winkelgeschwindigkeit ψ sich nur sehr wenig mit dem Abstande r von der Axe verändert, dagegen weit stärker mit dem senkrechten Abstande x von der wagrecht gelegenen Mittelebene der Scheibe. Dagegen gilt für Stellen, deren Entfernung r von der Drehungsaxe grösser als der Radius R der Scheibe ist, gerade das umgekehrte, insofern als die Winkelgeschwindigkeit ψ sich nur wenig mit der

Digitized by Google

verticalen Höhe x ändert, dagegen desto stärker mit der Entfernung r von der Axe. Hierauf beruhen die Vernachlässigungen, welche ich einführen will.

Um ihren Sinn klarer hervortreten zu lassen, stelle ich mir statt des wirklichen Vorganges einen anderen vor, welcher freilich durch ein Experiment nicht herzustellen, aber doch denkbar ist. Die Flüssigkeit, und zwar sowohl die innerhalb des über und unter der Scheibe stehenden Cylinders vom Radius R, als auch die ausserhalb desselben befindliche, theile ich durch horizontale Ebenen in unendlich dünne Schichten. In irgend einer dieser Schichten soll die Winkelgeschwindigkeit innerhalb des Cylinders, also so lange, als $r < R$ bleibt, nicht variiren, wohl aber ausserhalb, also für $r > R$. Zwei solcher Schichten, welche einander berühren, üben Reibung auf einander aus; aber diese Reibung will ich nur auf dem Theile der Berührungsfläche, welcher in den Cylinder $r = R$ hineinfällt, berücksichtigen; ausserhalb desselben vernachlässige ich sie, denke mir also die ausserhalb befindliche Flüssigkeit in einem solchen Zustande, dass eine Uebertragung von Geschwindigkeit durch Reibung nur in horizontaler, nicht aber in verticaler Richtung geschehen kann.

Demgemäss ersetze ich die früher aufgestellte zur Bestimmung der Winkelgeschwindigkeit ψ der Flüssigkeit dienende partielle Differentialgleichung[1])

$$\varrho \frac{d\psi}{dt} = \eta \left\{ \frac{d^2\psi}{dx^2} + \frac{d}{r\,dr}\left(\frac{d \cdot r^2 \psi}{r\,dr}\right)\right\}$$

für $r > R$ durch die einfachere Gleichung

$$\varrho \frac{d\psi}{dt} = \eta \frac{d}{r\,dr}\left(\frac{d \cdot r^2 \psi}{r\,dr}\right) = \eta \left\{ \frac{d^2\psi}{dr^2} + \frac{3}{r}\frac{d\psi}{dr}\right\},$$

welche nur noch die Coordinate r und die Zeit t als unab-

1) Crelle's Journ. f. Math. Bd. 59, S. 244, Formel (6).

Digitized by Google

hängige Variabeln enthält. Doch bleibt dabei zu bemerken, dass ψ auch von x abhängt.

Für Punkte innerhalb des durch den Scheibenrand gelegten Cylinders, also für $r < R$, ist ein so einfaches Verfahren zur Aufstellung der Differentialgleichung nicht zulässig; denn es ist zu berücksichtigen, dass eine flüssige Scheibe vom Halbmesser R und der Höhe dx ohne innere Verschiebungen, also wie eine feste Scheibe um ihren Schwerpunkt schwingt unter dem Einflusse einer dreifachen Reibung an der unteren und der oberen ebenen Fläche, sowie an dem kreisförmig begrenzenden Rande. Bildet man die Summe der Drehungsmomente dieser Kräfte,[1]) so gelangt man zu der für $r < R$ geltenden Differentialgleichung

$$\varrho \frac{d\psi}{dt} = \eta \left\{ \frac{d^2\psi}{dx^2} + \frac{4}{R} \left(\frac{d\psi}{dr} \right)_{r=R} \right\},$$

in deren letztem Gliede für die Variabele r der Grenzwerth R einzusetzen ist.

Durch ein ganz gleiches Verfahren erhält man ebenso wie früher die Differentialgleichung[2])

$$M \frac{d^2\varphi}{dt^2} = -\tau\varphi + 2\pi\eta \left\{ R^3 \int_{-c_1}^{c_1} dx \left(\frac{d\psi}{dr} \right)_R + \int_0^R dr\, r^3 \left[\left(\frac{d\psi}{dx} \right)_{c_1} - \left(\frac{d\psi}{dx} \right)_{-c_1} \right] \right\},$$

welche zusammen mit der Bedingung, dass sowohl für $r = R$ als auch für $x = \pm c_1$

$$\psi = \frac{d\varphi}{dt}$$

wird, den Winkel φ bestimmt, um welchen die Scheibe zur Zeit t aus ihrer Gleichgewichtslage herausgedreht ist; c_1 ist die halbe Dicke der Scheibe, und die den Differentialquotienten

1) Vergl. L. Grossmann, Inaug.-Diss. Breslau 1880. Wiedemann's Annalen Bd. 16, S. 619, 1882.

2) Crelle's Journ. f. Math. Bd. 59, S. 244, Formel (7.)

Digitized by Google

angehängten Indices bezeichnen die Werthe, welche den Coordinaten r oder x in diesen Functionen zu geben sind.

Den Differentialgleichungen suche ich zu genügen, indem ich unter Rücksicht auf die Bedingung der Stetigkeit bei $r = R$

$$\text{für } r > R \quad \psi = \Omega(x)\, P(r)\, e^{-m^2 t}$$
$$\text{„ } r < R \quad \psi = \Omega(x)\, P(R)\, e^{-m^2 t}$$

setze, worin Ω und P Functionen bedeuten, welche die Differentialgleichungen

$$0 = \frac{d^2\, \Omega(x)}{dx^2} + p^2\, \Omega(x)$$
$$0 = \frac{d^2\, P(r)}{dr^2} + \frac{3}{r}\frac{d\, P(r)}{dr} + q^2\, P(r)$$

erfüllen, während die constanten Parameter m, p, q unter einander durch die Bedingungen

$$\frac{\varrho}{\eta}\, m^2 = q^2 = p^2 - \frac{4}{R}\left(\frac{1}{P(r)}\frac{d\, P(r)}{d\, r}\right)_{r=R}$$

verbunden sind. Durch Integration ergiebt sich zunächst der Ausdruck

$$\Omega(x) = A \cos p\, x + B \sin p\, x,$$

in welchem eine der beiden Constanten A und B durch die Bedingung bestimmt werden kann, dass in einem Abstande c_2 von der Mittelebene der Scheibe, wo wir uns einen festen Boden oder Deckel des Gefässes denken, die Bewegung aufhört; so erhalten wir

$$\Omega(x) = C\, \frac{\sin p\,(c_2 \mp x)}{\sin p\,(c_2 - c_1)},$$

wo das obere Vorzeichen für positive, das untere für negative Werthe von x gilt, während C eine neue Constante ist, durch welche die Ablenkung der Scheibe nach der Formel

$$\psi = -\frac{C}{m^2}\, e^{-m^2 t}$$

Digitized by Google

bestimmt wird. Der zweiten Differentialgleichung genügen zwei Functionen von r, von welchen die eine

$$P(qr) = \int_{-1}^{+1} dz \sqrt{1-z^2}\, e^{qirz} \qquad i = \sqrt{-1}$$

ist, während die andere mit Hülfe dieser ersten durch die Gleichung

$$Q(qr) = P(qr) \int \frac{dr}{r^3 (P(qr))^2}$$

gefunden wird; dieselbe kann aber in dem Falle, dass die Constante qi einen reellen Theil von negativem Werthe besitzt, auch in der Form

$$Q(qr) = \int_1^{\infty} dz \sqrt{z^2-1}\, e^{qirz}$$

dargestellt werden. Von diesen beiden Functionen P und Q behalte ich nur die letztere bei, weil ich voraussetzen will, dass die Flüssigkeit in horizontaler Richtung unbegrenzt sei, wodurch die Bedingung, dass ψ für $r = \infty$ verschwindet, nothwendig wird. Somit setze ich schliesslich als Werthe der Winkelgeschwindigkeit ψ und des Ablenkungswinkels φ die Summe folgender particularen Lösungen an:

$$\text{für } r < R \qquad \psi = \Sigma C \frac{\sin p(c_2 \mp x)}{\sin p(c_2 - c_1)} e^{-m^2 t}$$

$$\text{„ } r > R \qquad \psi = \Sigma C \frac{\sin p(c_2 \mp x)}{\sin p(c_2 - c_1)} \frac{Q(qr)}{Q(qR)} e^{-m^2 t}$$

$$\varphi = -\Sigma \frac{C}{m_2} e^{-m^2 t} .$$

Von der Bestimmung der Constanten C aus dem Anfangszustande zur Zeit $t = 0$ können wir hier absehen, müssen aber den Parameter m näher untersuchen, von welchem p und q nach der Doppelgleichung

Digitized by Google

$$\frac{\varrho}{\eta} m^2 = q^2 = p^2 - \frac{4}{R} Q'(qR)$$

abhangen, wenn

$$Q'(qr) = \frac{1}{Q(qr)} = \frac{d\,Q(qr)}{dr}$$

die logarithmische Derivirte von Q bedeutet. Wir erhalten m aus der Differentialgleichung für die Bewegung der Scheibe, welche durch Einsetzen der Functionen die Form

$$0 = M m^4 + \tau - \pi \eta m^2 \left\{ p R^4 \operatorname{cotg} p(c_2 - c_1) - 4 c_1 R^3 Q'(qR) \right\}$$

annimmt. Diese Gleichung besitzt, wie die früher untersuchte einfachere, unendlich viele Wurzeln m; doch kommen von diesen aus den früher erörterten Gründen für das Experiment nur die complex-imaginären in Betracht, und von diesen brauchen nur die eine Wurzel

$$m = a + bi\,,$$

in der beide Grössen a und b reell und positiv sind, zu berechnen, um durch Vertauschung der Vorzeichen die übrigen zu erhalten. Dasselbe gilt nach der obigen Doppelgleichung von q und, wie wir gleich einsehen werden, auch von p. Aus dem Quadrate

$$m^2 = a^2 - b^2 + 2\,a\,b\,i$$

erhält man dann die Schwingungsdauer T und das logarithmische Decrement ε nach den Formeln

$$T = \frac{\pi}{2\,ab} \qquad\qquad \varepsilon = (a^2 - b^2)\,T\,.$$

Bei der Berechnung beschränke ich mich auf den Fall, dass der Abstand der Scheibe von der ruhenden Grenze $c_2 - c_1 = \infty$ gesetzt, und dass zugleich der Radius R der Scheibe im Verhältniss zu der Grösse $\sqrt{\frac{\eta}{\varrho}}\,T$ als sehr gross

Digitized by Google

angesehen werden darf. Dann ist die in der hier zulässigen Form von

$$Q(qr) = \int_1^\infty dz \sqrt{z^2 - 1}\, e^{iqrz}$$

vorkommende Exponentialfunction, in deren Exponent

$$irqz = (ai - b)rz \sqrt{\frac{\varrho}{\eta}}$$

die Variabele r nie kleiner als R ist, eine mit wachsendem z sehr rasch abnehmende Function; denn nach früheren Rechnungen ist annäherungsweise

$$b = \sqrt{\frac{\pi}{2T}},$$

also

$$br \sqrt{\frac{\varrho}{\eta}} = r \sqrt{\frac{\pi\varrho}{2\eta T}}$$

eine Grösse von beträchtlichem Werthe. Daraus folgt, dass der Werth der als bestimmtes Integral Q dargestellten Summe hauptsächlich durch denjenigen Werth bestimmt wird, welchen die zu integrirende Function in der Nähe ihres kleinsten Argumentes $z = 1$ annimmt. Dieselbe Eigenschaft besitzt die derivirte Function

$$\frac{dQ(qr)}{dr} = iq \int_1^\infty dz\, z \sqrt{z^2 - 1}\, e^{iqrz}.$$

Also ist angenähert der Werth des Verhältnisses

$$\frac{1}{Q(r)} \frac{dQ(r)}{dr} = Q'(qr) = iq .$$

Hieraus ergiebt sich zunächst für p^2 der angenäherte Werth

$$p^2 = q^2 + 4i\frac{q}{R}$$

Digitized by Google

und weiter, da q und R bei den Experimenten grosse Werthe haben, für p angenähert

$$p = q + 2\frac{i}{R} = a\sqrt{\frac{\varrho}{\eta}} + \left(b\sqrt{\frac{\varrho}{\eta}} + \frac{2}{R}\right)i \ .$$

Da der imaginäre Theil dieser Grösse mit einem positiven Factor behaftet ist, so ist für $c_2 - c_1 = \infty$

$$\operatorname{cotg} p(c_2 - c_1) = -i \ .$$

Nach diesen Erörterungen wird die zur Bestimmung von m dienende Formel angenähert

$$0 = M m^4 + \tau - \pi\eta m^2\left\{\left(\frac{2}{R} - q i\right)R^4 - 4 c_1 R^3 q i\right\}$$

oder nach einer kleinen Umgestaltung

$$0 = \left(m^2 - \pi\eta\frac{R^3}{M}\right)^2 + \frac{\tau}{M} \cdot \left(\pi\eta\frac{R^3}{M}\right)^2 + \pi\frac{R^4 + 4c_1R^4}{M}\sqrt{\eta\varrho}\, m^3 i \ .$$

Diese Gleichung 4. Grades unterscheidet sich von der in meiner früheren Arbeit aufgestellten[1]) durch zwei hinzugetretene Glieder. Das eine derselben besteht in der bereits früher angebrachten Correction der Grösse R^4, welche in

$$R^4 + 4 c_1 R^3 = (R + c_1)^4$$

verwandelt ist, so dass der Radius R annäherungsweise um die halbe Dicke c_1 der Scheibe zu vermehren ist.

Das andere, neu hinzugekommene Glied enthält die König'sche Correction. Vernachlässigen wir in der Gleichung alle Potenzen von η, welche höher als die erste sind, so erkennt man, ohne die Gleichung aufzulösen, dass der früher berechnete Werth von

$$m^2 = a^2 - b^2 + 2ab\sqrt{-1}$$

---

1) Crelle's Journ. f. Math. Bd. 59, S. 256 Formel (6.); S. 248 Gleichungen (3.).

Digitized by Google

um die Grösse

$$\pi\eta\frac{R^3}{M}$$

vermehrt werden muss. Dieser Zuwachs ist reell, betrifft also nur den reellen Theil $a^2 - b^2$ und somit das logarithmische Decrement der Schwingungen

$$\varepsilon = (a^2 - b^2)\,T\,,$$

welches um

$$\pi\eta\frac{R^3}{M}T$$

zu vergrössern ist. Das aber ist die König'sche Correction; denn es wird angenähert

$$\varepsilon = \pi\frac{\pi\varrho R^4}{4M}\sqrt{\frac{2\eta}{\pi\varrho}}T + \pi\eta\frac{R^3}{M}T = \pi\varkappa(1+2l)\,.$$

Reibung tropfbarer Flüssigkeiten.

Nach den so verbesserten Formeln habe ich meine mit dem Coulomb'schen Apparat ausgeführten Beobachtungen neu berechnet. Früher hatte ich die Reihenentwicklung[1])

$$\varepsilon = \pi\varkappa\left(1 - \varkappa + \frac{3}{4}\varkappa^2 - \cdots\right)$$

benutzt, um aus dem beobachteten Decrement ε zunächst $\varkappa$ und aus dieser Grösse die Reibungsconstante η herzuleiten. Statt dieser Formel ist jetzt

$$\varepsilon = \pi\varkappa\left\{1 - \left(1 - \frac{8M}{\pi\varrho R^5}\right)\varkappa + \cdots\right\}$$

zu schreiben, da unter Vernachlässigung des unerheblichen Unterschiedes zwischen der Schwingungszeit des Apparats im

1) Poggendorff's Ann. Bd. 113, S. 74, 1861.

Digitized by Google

leeren Raume und in der Flüssigkeit das hinzutretende Correctionsglied

$$\pi\,\eta\,\frac{R^3}{M}T=\frac{8M}{\varrho R^5}\varkappa^2$$

zu setzen ist. Durch Umkehrung der Reihe erhalte ich

$$\varkappa=\frac{\varepsilon}{\pi}+\left(1-\frac{8M}{\pi\varrho R^5}\right)\left(\frac{\varepsilon}{\pi}\right)^2+\cdots$$

Also ist an den früher berechneten Werthen von $\varkappa$ eine Verbesserung von der Ordnung des Quadrats des logarithmischen Decrements anzubringen, und in Folge dessen ist die aus $\varkappa$ berechnete Constante

$$\sqrt{\frac{\pi\varrho\eta}{8}}\;\text{um}\;\frac{8}{\pi\varrho R\sqrt{T}}\left(\frac{M}{R^4}\frac{\varepsilon}{\pi}\right)^2$$

zu vermindern. Der Betrag dieser Correction wird noch geringer, wenn wir an derselben die Verbesserung anbringen, erstens R^4 durch $R^4+2R^3c_1$ und zweitens ε durch $\varepsilon-\varepsilon_0$ zu ersetzen, wo ε_0 das ausserhalb der Flüssigkeit beobachtete Decrement bedeutet.

Dieses Verfahren habe ich zunächst auf die Werthe jener Constanten[1]), welche ich durch eine mit verschiedenen Scheiben in destillirtem Wasser von etwa 15°, 5 c angestellte Beobachtungsreihe erhalten hatte.

Apparat mit	Radius cm	Contsante frühere	Contsante verbesserte	Reibungscoefficient frühere	Reibungscoefficient verbesserte
Ansatzscheiben	2,44	0,09194	0,06787		0,01174
kl. Messingscheibe	5,59	7388	6704	0,01393	1146
Glasscheibe	5,83	7421	6753	1405	1162
gross. Messingscheibe	7,57	7254	6780	1328	1172
Weissblechscheibe	10,75	7159	6878	1308	1206

Für dieselbe Temperatur fand Poiseuille aus Beobachtungen über Strömung in Röhren $\eta=0{,}01127$. Demnach genügt die König'sche Correction recht befriedigend, um

1) Pogg. Ann. Bd. 113, S. 233 unten.

Digitized by Google

die bisher den Ergebnissen meiner Versuche fehlende Uebereinstimmung unter einander und mit den aus Strömungsbeobachtungen herzustellen.

Dieselben Beobachtungen habe ich mit der Formel König's[1]) auch so verglichen, dass ich aus dem Poiseuille'schen Werthe $\eta = 0{,}001127$ nach der Formel den Werth des Decrements theoretisch berechnet habe.

	berechnet	beobachtet
Apparat mit Ansatzscheiben	0,00091	0,00105
mit der kl. Messingsch.	0,01930	0,01972
„ „ Glasscheibe	0,02438	0,02496
„ „ gross. Messingsch.	0,05777	0,05880
„ „ Weissblechscheibe	0,16747	0,17434

Die beobachteten Werthe sind also ohne Ausnahme grösser als die berechneten, wie es nach den Voraussetzungen der oben entwickelten Theorie zu erwarten war. Doch muss anerkannt werden, dass durch die König'sche Verbesserung der Formel der Einklang zwischen Theorie und Beobachtung erheblich gewonnen hat, besonders bei den kleineren Scheiben.

Nach diesem Erfolge habe ich es der Mühe werth erachtet, auch die meisten anderen, in meiner ersten Abhandlung weiterhin mitgetheilten[2]) Beobachtungen nach der neuen Formel umzurechnen.

Reibungscoefficienten des destillirten Wassers.

Temperatur	Alte Berechnung.	Neue Berechnung.	Nach Poiseuille	Hyperbolische Formel
8,7	0,0169	0,0141	0,0136	0,0139
10,1	157	129	131	133
12,5	150	127	122	125
15,5	137	117	113	116
17,8	126	110	107	110
17,9	130	111	106	110
21,6	119	102	097	104
23,9	112	097	092	097
28,5	102	089	083	089
33,7	093	081	074	081

1) König, Habilitationsschrift S. 29; Wied. Ann. Bd. 32, S. 218.
2) Pogg. Ann. Bd. 113, S. 399 u. folg. 1861.

Digitized by Google

Den hier aufgeführten neu berechneten Zahlen, welche sich von den früher angenommenen zum Theil erheblich unterscheiden, habe ich zur Vergleichung diejenigen gegenübergestellt, welche eine von mir aus Poiseuille's Beobachtungen abgeleitete Formel[1])

$$\eta = \frac{0{,}01775}{(1+0{,}01104\,\vartheta)(1+2\cdot 0{,}01104\,\vartheta)}$$

liefert. Besser werden meine Zahlenwerthe in ihrer Abhängigkeit von der Temperatur ϑ durch das aus ihnen berechnete hyperbolische Gesetz, welches mit dem von Rosencranz aufgestellten fast übereinstimmt,

$$\eta = \frac{0{,}0183}{1+0{,}0369\,\vartheta}$$

wiedergegeben, wie die letzte Zahlenreihe lehrt.

Alaunlösung von 3,650 Th. wasserfreien Alauns in 100 Th. Wasser oder 3,521 Th. Salz in 100 Th. Lösung.

Temp.	Alte	Neue Berechnung
10,°4	0,0193	0,0164
12,15	180	150
22,3	141	120

Der Reibungscoefficient wächst bei Alaunlösung in demselben Verhältniss wie der Salzgehalt, so dass aus diesen Zahlen der Werth für jede andere Concentration leicht berechnet werden kann.

Lösung von schwefelsaurem Natron.

Salzgehalt		Temp.	Alt.	Neu.	η_0	Temp. Coeff.
10.425	9,441	10.4	0,0229	0,0185	0,0296	0,0580
		12,6	209	170		
		17,9	176	146		
7,780	7.218	12.4	189	155	0,0253	0,0502
		13,4	185	152		
		18,1	159	133		
5,160	4,907	9,9	189	156	0,0230	0,0459
		13.75	171	143		
		18,1	149	125		
2,567	2,503	10.2	174	145	0,0205	0,0412
		12,75	161	135		
		18,0	138	117		

1) Wied. Ann. Bd. 2, S. 387. 1877.

Digitized by Google

Der Salzgehalt ist hier, wie weiterhin überall, so angegeben, dass die erste Zahl ausdrückt, wie viel wasserfreies Salz in 100 Theilen Wasser gelöst war, die zweite, wie viel in 100 Theilen Lösung. Aus den unter der Ueberschrift „Neu" zusammengestellten neu berechneten Werthen des Reibungscoefficienten habe ich Formeln von der Gestalt

$$\eta = \frac{\eta_0}{1 + \beta \vartheta}$$

für jede Lösung berechnet; die beiden letzten Zahlenreihen enthalten die Werthe von η_0 und β.

Lösung von schwefelsaurem Kali.

Salzgehalt		Temp.	Alt.	Neu.
13,30	11,74	17,5	0,0155	0,0133
		30,3	121	104
8,865	8,14	10,95	170	142
		17,9	145	123
		35,0	107	089
4,43	4,24	11,6	163	138
		18,0	146	124
		34,4	098	086

Lösung von salpetersaurem Natron.

Salzgehalt		Temp.	Alt.	Neu.	η_0	Temp. Coeff.
82,62	45.24	17,9	0,0351	0,0255		
57,11	36,35	12,8	299	228	0,0291	0,0233
		17,0	266	207		
		23,3	231	187		
35,26	26,07	— 3,0	340	257	0,0233	0,0280
		14,1	211	166		
		16,5	199	161		
		23,9	166	137		
16,31	14,02	— 2,35	253	200	0,0191	0,0306
		9,3	185	152		
		16,5	150	126		
		24,1	131	111		

Digitized by Google

Lösung von salpetersaurem Kali.

Salzgehalt		Temp.	Alt.	Neu.	η_0	Temp. Coeff.
16,76	14,35	10,55	0,0147	0,0123	0,0155	0,0279
		10,7	142	119		
		12,7	132	111		
		17,85	124	106		
		21,65	111	095		
11,81	10,57	10,45	150	126	0,0166	0,0307
		23,2	113	097		
7,70	7,15	10,42	151	127	0,0169	0,0322
		23,8	111	096		
4,79	4,57	10,5	151	127	0,0179	0,349
		23,5	113	098		

Aus den letzten 4 Tabellen habe ich die in der folgenden zusammengestellten Werthe für 17°,9 berechnet, um die Abhängigkeit des Reibungscoefficienten vom Salzgehalt anschaulich zu machen. Ebenso wie früher habe ich versucht, diese Abhängigkeit durch Formeln von der Gestalt

$$\eta = \left\{\eta_w + 2\,\eta_{ws}\,\sigma + \eta_s\,\sigma^2\right\}\left(\frac{\varrho}{1+\sigma}\right)^2$$

darzustellen, indem ich für σ den Salzgehalt in 1 Theil Wasser, für ϱ die Dichtigkeit der Lösung und für η_w die innere Reibung des Wassers einführte; die berechneten Werthe der Constanten η_{ws} und η_s, welche die Reibung des Salzes gegen Wasser und die innere Reibung des flüssigen Salzes bedeuten sollen, habe ich beigefügt.

	$100\,\sigma$	Alt.	Neu.	η_{ws}	η_s
Schwefels. Natron	10,425	0,0176	0,0145	0,0112	0,186
	7,780	160	133		
	5,160	150	126		
	2,567	138	117		
Schwefels. Kali	13,298	0,0154	0,0132	0,0127	0,000
	8,865	145	127		
	4,432	146	125		

Digitized by Google

	100σ	Alt	Neu.	η_{w_0}	η_0
Salpeters. Natron	82,62	0,0351	0,0255	0,0078	0,033
	57,11	261	205		
	35,26	193	155		
	16,31	147	124		
Salpeters. Kali	16,76	0,0124	0,0103	0,0029	0,000
	11,81	128	107		
	7,70	129	107		
	4,80	130	110		
Wasser	0	0,0130	0,0110		

Reibung von gemischten Salzlösungen.

Salzgehalt				Temp.	Alt.	Neu.
Lösung von Kali- und Natron-Salpeter.						
0,00	NO_3K	13,01	NO_3Na	16,9	0,0148	0,0124
5,11	„	9,04	„	16,2	145	122
7,69	„	7,04	„	16,2	138	116
11,57	„	4,02	„	15,5	136	115
13,93	„	2,20	„	16,0	132	111
Lösung von schwefelsaurem und salpetersaurem Natron.						
5,86	SO_4Na_2	5,71	NO_3Na	15,8	0,0164	0,0136
Lösung von schwefelsaurem und salpetersaurem Kali.						
6,65	SO_4K_2	4,18	NO_3K	18,0	0,0139	0,0117
7,34	„	2,88	„	—	142	119
Lösung von salpetersaurem Kali und schwefelsaurem Natron.						
13,87	NO_3K	1,80	SO_4Na_2	16,0	0,0137	0,0115
11,49	„	3,28	„	15,6	145	121
7,58	„	5,71	„	15,5	159	132
5,02	„	7,30	„	16,0	166	138
Lösung von salpetersaurem Natron und schwefelsaurem Kali.						
4,08	SO_4K_2	9,02	NO_3Na	14,5	0,0160	0,0132
7,52	„	6,01	„	14,8	161	134
10,47	„	3,00	„	15,1	164	136

Digitized by Google

Reibungscoefficient des Rüböls.

Temperatur	Alte	Neue Berechnung
0^0	69,3	25,3
6,5	14,9	5,18
12,4	7,52	3,08
13,9	6,79	2,82
18,1	3,44	1,69
27,0	2,19	1,20
29,5	1 65	0,96
31,6	1,50	0,90

Bei Flüssigkeiten von so grosser Zähigkeit, wie Oel, ist also der Betrag der Correction sehr erheblich, und es ist anzunehmen, dass die neu berechneten Werthe noch beträchtlich grösser als die wahren sein mögen.

Reibung der Luft.

Das Rechnungsverfahren, welches ich auf meine mit tropfbaren Flüssigkeiten angestellten Beobachtungen mit gutem Erfolge angewandt habe, bewährt sich nicht bei der Berechnung der über die Reibung der Luft ausgeführten Versuche; denn der Werth der Correction fällt, da im Nenner die Dichtigkeit ϱ vorkommt, bei Flüssigkeiten von so geringer Dichte und verhältnissmässig so starker Reibung, wie die Luft sie besitzt, sehr gross aus. Es ist daher zweckmässiger, die früher berechneten Werthe gar nicht zu benutzen, sondern den Reibungscoefficienten aus den unmittelbar beobachteten Grössen neu zu berechnen.

Bei meinen Versuchen über die Reibung der Luft[1]) habe ich das Verfahren Coulomb's so abgeändert, dass ich am Apparat statt einer drei Scheiben anbrachte, welche auf der Axe verschoben werden konnten. Ich liess diese drei Scheiben einmal von einander getrennt schwingen und dann

1) Pogg. Ann. Bd. 125, S. 177.

Digitized by Google

so auf einander liegend, dass die Reibung der Luft an den vier mittleren Scheibenflächen beseitigt war. Die Differenz der bei beiden Anordnungen beobachteten logarithmischen Decremente ε' und ε stellte ich dann durch die Formel[1])

$$\lambda = \varepsilon' - \varepsilon = 2\varkappa = \frac{\pi R^4}{M}\sqrt{\frac{\pi}{2}\eta\varrho T}$$

dar, da es wegen der Kleinheit von η und ϱ erlaubt ist, höhere Potenzen von $\varkappa$ zu vernachlässigen.

Diese Formel ist jetzt durch das von König hinzugefügte Glied zu vervollständigen, so dass wir zur Bestimmung der zuvörderst gesuchten Unbekannten $\sqrt{\eta}$ eine quadratische Gleichung

$$\lambda = \frac{\pi R^4}{2M}\left\{\sqrt{2\pi\eta\varrho T} + \frac{4}{R}\eta T\right\}$$

erhalten, welche aufgelöst wird durch die Wurzel

$$\sqrt{\eta T} = \sqrt{\frac{M}{\pi R^3}\frac{\lambda}{2} + \frac{\pi}{32}\varrho R^2} - \frac{R}{8}\sqrt{2\pi\varrho}\,.$$

Nach dieser Formel habe ich drei Beobachtungsreihen[2]) neu berechnet. Die Ergebnisse enthält die folgende Zusammenstellung, in welcher alle Masse auf Gramm, Centimeter und Secunden reducirt sind.

1. Apparat mit Messingscheiben. $M = 55545$; $R = 9{,}988$; $T = 14{,}19$.

Temp.	Druck	λ	$\sqrt{\eta}$	η	früh. Berechn.
22,4	75,75	0,001676	0,0145	0,000217	0,000332
13	50,06	1311	135	182	307
6	25,11	0813	115	135	236
25	0,80	0559	160	255	

1) Pogg. Ann. Bd. 125, S. 402.

2) Die erste vom Februar 1863 wurde auf S. 578, die zweite vom April 1863 auf S. 580—581, die dritte vom December 1863 auf S. 582 der erwähnten Abhandlung in Poggendorff's Annalen Bd. 125 mitgetheilt.

Digitized by Google

2. Zweite Reihe mit demselben Apparat.

Temp.	Druck	λ	$\sqrt{\eta}$	η	früh. Berechn.
22,5	74,72	0,001619	0,0142	0,000201	0,000313
20,9	49,49	1368	141	198	336
21,0	23,97	0741	107	115	204
21,8	7,12	0579	121	147	
20,7	0,46	0537	162	263	

3. Apparat mit Glasscheiben. $M = 6584$; $R = 7{,}566$; $T = 8{,}895$.

17,6	74,91	0,00342	0,0136	0,000185	0,000288
19,6	49,97	323	148	218	385
20,1	25,05	208	127	162	318
21,6	1,18	073	110	122	817

Die neu berechneten Zahlen stimmen sehr viel besser als die früher gefundenen unter einander überein, so dass meine Beobachtungen jetzt recht befriedigend die Thatsache bestätigen, dass der Reibungscoefficient der Luft, wie es Maxwell's Theorie verlangt, von ihrer Dichtigkeit unabhängig ist; damals aber durfte ich nur behaupten, dass nach meinen Beobachtungen das Maxwell'sche Gesetz mindestens annäherungsweise zutreffe.

Die Abweichungen der Zahlen sind freilich auch jetzt noch nicht ganz verschwunden; doch liegt ohne Zweifel der Grund hauptsächlich in dem störenden Einfluss der den Apparat umschliessenden Glasglocke. Die Bewegung breitet sich in dem reibenden Medium um so weiter aus, je grösser die Reibung, je kleiner die Dichtigkeit desselben und je grösser die Schwingungszeit des Apparats ist. Daher muss die Störung durch die feste Wand der Glocke am stärksten bei den mit den grösseren Messingscheiben in möglichst verdünnter Luft angestellten Versuchen sich fühlbar machen. Abgesehen von diesen zwei Beobachtungen, stimmen alle Ergebnisse ziemlich gut mit den aus Transspirationsversuchen

Digitized by Google

hergeleiteten und den nach Maxwell's Methode bestimmten Werthen überein.

Die von Herrn W. König zu meinen früher benutzten Formeln hinzugefügte Correction befindet sich also nicht nur mit der Theorie im Einklange, sondern hat sich auch bei Anwendung auf meine Beobachtungen in allen Fällen aufs beste bewährt.

Digitized by Google

Ueber einige Capparis-Arten.

Zweite Mittheilung.

Von L. Radlkofer.

(Eingelaufen 25. November.)

Die in diesen Sitzungsberichten im Jahre 1884 von mir in Bethätigung der anatomischen Methode veröffentlichten Beobachtungen und Bemerkungen „über einige Capparis-Arten" hatten mir Veranlassung gegeben, für mehrere der von Vesque in seinem „Essai d'une Monographie anatomique et descriptive de la Tribu des *Capparées (Capparidées* ligneuses)" — Ann. d. Scienc. nat., 6me sér., XIII, 1882, p. 47 etc. — behandelten *Capparis*-Arten die Richtigkeit der von ihm gemachten Angaben, beziehungsweise die Richtigkeit der Bezeichnung der von ihm untersuchten Arten anzuzweifeln.

Vesque fühlte sich dadurch in lobenswerthester Weise aufgefordert, in einer neuen, mir durch seine Güte vor einigen Monaten (im Juni d. J.) zugekommenen Veröffentlichung über diesen Gegenstand — Epharmosis, sive Materiae ad instruendam Anatomiam Systematis naturalis auctore F. Vesque; Pars prima: Folia *Capparearum*, Tab. I – LXXVII; Vincennes (ohne Jahreszahl) — eine Berichtigung der von mir angezweifelten Angaben anzustreben.

Um seine eigenen Worte zu gebrauchen, so sagt er p. 4 a. a. O.: „Un intéressant travail publié depuis peu par M. Radlkofer (Ueber einige *Capparis*-Arten, Sitzungsb. etc.)

Digitized by Google

me fait un devoir d'introduire quelques modifications dans la dénomination des plantes que j'ai étudiées et me fournit l'occasion de quelques remarques complémentaires."

Derselbe spricht sich nun in fünf Bemerkungen über die betreffenden Arten aus, und diese Bemerkungen tragen sicherlich manches zur Aufklärung über die früheren Angaben und die dadurch rege gemachten Zweifel bei, bringen jedoch noch nicht die volle Klarheit zu Tage.

Diese im einen Falle zu geben, im anderen wenigstens weiter anzubahnen, dazu sollen nun die folgenden Darlegungen dienen, zu welchen ich durch briefliche Mittheilungen und durch Zusendung entsprechender Materialien von Seite des Herrn Vesque selbst in den Stand gesetzt worden bin, wie ich in vollster Anerkennung der in diesem Entgegenkommen sich aussprechenden warmen Liebe zur Wissenschaft und zur Wahrheit hervorhebe. —

Es erscheint, um die entsprechenden Anknüpfungspunkte zu gewinnen, angemessen, die fünf Bemerkungen des Herrn Vesque hier wiederzugeben. Sie betreffen die von ihm als *Capparis Volkameriae* DC., *C. flexuosa* Vellozo, *C. anceps* Shuttlew., *C. oxysepala* Wright und *C. salicifolia* bezeichneten Pflanzen und lauten folgendermassen:

1. *Capparis Volkameriae* DC. — M. Radlkofer l. c. p. 110 ayant examiné une feuille et un bouton de fleure du *C. Volkameriae* de l'herbier Delessert, considère cette plante comme identique avec le *C. horrida* L. de l'Inde, quoiqu' elle soit indigène du Cap de bonne espérance. La plante que j'ai trouvée sous ce nom à l'herbier du Muséum et qui vient, non des Moluques comme je l'ai dit par suite d'un lapsus, mais bien du Cap, est fort différente du *C. horrida*: elle ne concorde guère davantage avec le *C. pubiflora* dont le savant de Munich voulait la rapprocher sur la foi des descriptions anatomiques. Il ne me paraît donc pas démontré, malgré l'apparente authenticité de l'exemplaire étudié par Mr.

Digitized by Google

Radlkofer, que la plante que j'ai eue sous yeux n'est pas le vrai *C. Volkameriae*. D'ailleurs le fait seul que de Candolle a rangé le *C. Volkameriae* dans le „*Seriales*", tandis que le *C. horrida* trouve sa place parmi les „*Pedicellares*", prouve que cet auteur considérait les deux plantes comme fort différentes.

2. Au nom de *C. flexuosa* Velloz. j'ai substitué celui de *C. Arrabidae* proposé par Steudel afin d'éviter une confusion avec le *C. flexuosa* Blume.

3. J'admets volontiers avec M. Radlkofer que mon *C. anceps* Schuttlew. n'est autre que *C. jamaicensis* Jacq. Seule la méthode anatomique était capable de débrouiller, entre le mains de M. Radlkofer, le chaos de quelques espèces américaines des sections *Breyniastrum* et *Quadrella*.

4. L'espèce décrite dans ma monographie sous le nom de *C. oxysepala* n'est pas, selon M. Radlkofer, le vrai *C. oxysepala* Wright. Cet auteur a eu la bonne fortune de voir, dans l'herbier de Grisebach, l'échantillon type de Wright et il pense que la plante que j'ai eue entre les mains, est ou bien une espèce distincte ou bien appartient au *C. Breynia*. Ceci n'étant certainement pas le cas, — et il suffit de jeter les yeux sur les figures pour s'en convaincre, — il faut s'arrêter à la première alternative. Je m'abstiendrai pourtant de donner un nom à la plante avant que ses caractères organographiques soient étudiés.

5. On cultive dans les serres du Muséum, sous le nom de *C. salicifolia*, une espèce distincte que j'ai décrite et que je figure (pl. LXXI). J'ignore d'où vient cette plante et quel est l'auteur du nom. La plante n'a rien de commun avec le *C. saligna*. —

Ich halte in meiner Erörterung dieser Bemerkungen die Reihenfolge derselben ein. —

Digitized by Google

I.

Von der auf Taf. XXXVI n. 17 von Vesque unter der Bezeichnung „*C. Volkameriae* DC." — mit dem Beisatze: „Cap. Bonae Spei (in monographia false Moluccae pro patria citatae)" — dargestellten Pflanze hatte ich schon vor geraumer Zeit durch Herrn Poisson, Aide-naturaliste am Pariser Museum, an den ich mich, wie an Herrn Vesque selbst bald nach dem Erscheinen meiner eingangs bezeichneten Abhandlung um gefällige Uebersendung kleiner Fragmente der zweifelhaften Pflanzen gewendet hatte, ein Blatt und Theile einer Inflorescenz mit Blüthenknospen erhalten, jedoch abermals mit der Vaterlandsbezeichnung „Moluques", so dass über die Pflanze nicht in's klare zu kommen war. Uebrigens zeigte die Art der Inflorescenz, dass die Pflanze weder mit den „*Pedicellares*" noch mit den „*Seriales*", den von Vesque unter 1. betonten Gruppen, welche De Candolle neben den weiteren der „*Corymbosae*" und der „*Octandrae*" als Unterabtheilungen seiner ersten Section ***Eucapparis*** unterschieden hat, irgend etwas zu thun haben kann.

Besser gestaltete sich die Sache, nachdem mir aus den neuen Angaben Vesque's (in Bemerkung 1. und auf der citirten Tafel 36) bekannt geworden war, dass die betreffende Pflanze nicht von den Molukken, sondern vom Cap stamme.

Bei der Durchsicht der capensischen Arten des Herb. Monacense machte sich sofort die grosse Aehnlichkeit des aus dem Pariser Museum erhaltenen Blattes mit den Blättern einer leider sterilen Cappflanze bemerkbar, welche aus der Sammlung von Ecklon und Zeyher, und zwar aus dem von England aus vertheilten Theile derselben herrührt, und deren gedruckte Etiquette mit übrigens handschriftlich eingefügter Nummer und Namensbezeichnung folgendermassen lautet: „569 *Capparis Volkameriae* DC. In the forests of

Digitized by Google

Krakakamma and Adow. District of Uitenhage; Fl. December."

Die daraufhin vorgenommene weitere Vergleichung mittelst der anatomischen Untersuchung bestätigte diese Wahrnehmung und ergab eine vollständige Uebereinstimmung in der Structur der beiderlei Blätter, sowie mit den auf Tafel 36 gegebenen anatomischen Darstellungen Vesque's, welchen ich hier nur das beifügen will, dass die in fast allen Zellen des Blattinneren hier enthaltenen Krystalle aus oxalsaurem Kalke bestehen, was nicht bei allen Krystallen in *Capparis*-Blättern der Fall ist (sieh darüber im Folgenden unter V).

Darnach liess sich nun unter Zuhilfenahme der Flora capensis von Harvey und Sonder und bei gleichzeitiger Berücksichtigung des durch die Analyse der aus Paris erhaltenen Blüthenknospen gewonnenen Ergebnisses — namentlich der geringen, nur 6 betragenden Zahl der Staubgefässe — leicht die Ueberzeugung gewinnen, dass die Pariser, wie die Münchener Pflanze zu *C. Zeyheri* Turcz. gehöre, welche Turczaninow (Animadv. in Bull. Mosc. XXVII. Nr. 3, 1854, p. 324; Sep. Abdr. p. 54) in die Section „*Eucapparis*, § 4 *Octandrae*" verwiesen hat, wie, ihm folgend, Harvey und Sonder, welcher er ferner, wie diese Autoren, traubige Inflorescenzen zuschreibt, und für welche er, wie Harvey und Sonder, die Collectio Zeyher n. 1915 [sphalmate „1905"] und ausserdem das Synonym angeführt hat: „*Capparis Volkameriae* Drege coll., non DC. Prodr."

Dieses Resultat nun, dass die von Vesque als *Capparis Volkameriae* DC. — wie früher, so auch jetzt noch, trotz meiner von ihm (unter 1) erwähnten Darlegung, dass das Original der *C. Volkameriae* DC. im Herb. Delessert nichts anderes als *C. horrida* L. f. sei — bezeichnete und neuerdings geradezu (unter 1) für die „wahre *C. Volkameriae* DC." erklärte Pflanze

Digitized by Google

nichts anderes als *Capparis Zeyheri* Turcz. ist, wird auf das vollkommenste dadurch bestätigt, dass Herr Vesque ein von ihm selbst mir vor einiger Zeit (am 26. Juli dieses Jahres) übersendetes Blatt der Pariser Pflanze, das in seiner Structur ganz mit dessen Angaben übereinstimmt, als von einem Exemplare aus der erwähnten Collectio Zeyher, n. 1915 herrührend bezeichnet hat. Dieses Exemplar ist zugleich, wie Herr Vesque brieflich beifügte, das einzige, das er bei seiner jetzigen Nachsuchung im Pariser Herbare zu finden vermochte, und somit wohl dasselbe, von welchem auch die durch Herrn Poisson mir früher zugekommenen Theile herrühren, wofür auch die vollständige Uebereinstimmung der betreffenden Blätter in allen ihren Eigenschaften spricht.

Darnach ist die Frage, welche Pflanze es sei, über welche Vesque unter dem Namen *C. Volkameriae* DC. berichtet hat, erledigt. Die Antwort lautet: *Capparis Zeyheri* Turcz. —

Mit dieser Erledigung ist aber noch nicht alles abgethan, was ich über diese Pflanze und die in ihrem Betreffe von Vesque und mir gepflogenen Erörterungen zu sagen habe.

Es versteht sich nach dem Vorausgehenden von selbst, dass Herr Vesque Recht hat, wenn er in der oben wiedergegebenen Bemerkung hervorhebt, dass die von ihm gemeinte *C. Volkameriae* weit verschieden sei von dem, wofür ich das Original der *C. Volkameriae* DC. erklärt habe, das ist *C. horrida* L. f.

Es ist auch natürlich, dass meinem Versuche, die früher von Vesque als Bewohnerin der Molukken bezeichnete angebliche *C. Volkameriae* unter Rücksichtnahme auf die von Vesque selbst hervorgehobenen anatomischen Merkmale einer wirklich den Molukken angehörenden Art, der *C. pubiflora* DC. nämlich, aus der Gruppe der *Pedicellares*, nahe-

Digitized by Google

stehend — oder in engerem Anschlusse an meine Worte (Sitzungsber. 1884 p. 111) „als dieser näher denn der auf *C. horrida* zurückgeführten *C. Volkameriae* DC. stehend" — zu bezeichnen, kein weiteres Gewicht beizumessen ist, da die betreffende Pflanze ja, wie jetzt bekannt, nicht den Molukken, sondern dem Cap, und nicht der Gruppe der *Pedicellares* oder *Seriales*, sondern jener der *Octandrae* angehört. Es ist jedoch nicht meine Schuld, wenn ich durch die Angaben Vesque's veranlasst worden bin, zur Interpretation seiner *C. Volkameriae* auf eine falsche Gruppe aus weit abgelegenem Gebiete das Augenmerk zu lenken.

Nicht ebenso aber kann ich Herrn Vesque entgegen kommen, wenn derselbe auf die Verschiedenheit der Herkunft und der Stellung, einerseits vom Cap und in der Gruppe der *Seriales* für *C. Volkameriae* DC., andererseits aus Indien und in der Gruppe der *Pedicellares* für *C. horrida* L. f. hinweist, um Zweifel gegen meine Angabe zu erheben, dass das Original der *C. Volkameriae* DC. im Herb. Delessert — oder um den Ausdruck auf das Genaueste den Thatsachen anzupassen, das diesem Originale von Herrn Professor J. Müller in Genf entnommene und durch Herrn C. De Candolle mir im October 1883 übersendete Material[1]) — zu *C. horrida* L. f. gehöre, auf welchen Zweifel er die Annahme basirt, dass die Verschiedenheit seiner *C. Volkameriae* von der De Candolle's keineswegs erwiesen sei.

Diese Verschiedenheit würde sich auch Herrn Vesque sicherlich in unablehnbarer Weise dargestellt haben, wenn derselbe die Diagnose der *C. Volkameriae* DC. (Prodr. I, 1824, p. 247 n. 28) berücksichtiget hätte, sei es auch nur,

1) Wie ich alsbald Veranlassung haben werde hervorzuheben, habe ich seit dem Niederschreiben des Obigen vor Kurzem (im September d. J.) dieses Original selbst auch einzusehen und die Herkunft des früher untersuchten Materiales von demselben zu constatiren Gelegenheit gehabt.

Digitized by Google

um die Inflorescenz und die Zahl der Staubgefässe — „ungefähr 30" bei der Pflanze De Candolle's, 6—8 bei seiner Pflanze — in Betracht zu ziehen.

Dabei würde ihm unter Rücksichtnahme auf meinen Befund hinsichtlich der Zahl der Staubgefässe (l. c. p. 110) — 40 bei der Pflanze De Candolle's, 47 bei einem Exemplare der *C. horrida* L. f. aus Bengalen — immerhin wohl eine Wahrscheinlichkeit für die Identität dieser beiden Pflanzen eher sich ergeben haben, als für die von ihm gewollte Identität der *C. Zeyheri* mit der Pflanze De Candolle's.

Wenn Vesque weiter für die Negirung oder Anzweiflung der von mir aus der analytischen und anatomischen Untersuchung des Originalexemplares von *C. Volkameriae* DC. gefolgerten Zugehörigkeit dieser Pflanze zu *C. horrida* ein so grosses Gewicht darauf legt, dass De Candolle die *C. Volkameriae* in die Gruppe der *Seriales*, die *C. horrida* aber in die vorausgehende Gruppe der *Pedicellares* (beides, wie schon erwähnt, Gruppen seiner I. Section *Eucapparis*) eingereiht habe, und das als einen Beweis ansieht, dass De Candolle diese beiden Pflanzen als „weit von einander verschieden" („fort differentes") betrachtet habe, so scheint Vesque dabei ausser Acht gelassen zu haben, dass er selbst dieses Gewicht auf Null herabgedrückt habe, indem er in seiner früheren Arbeit (l. c. 1882, p. 89) die *C. horrida* L. f., wie die *C. Volkameriae* DC., in die Gruppe der *Seriales* eingeordnet hat (gleichwie schon früher Hooker und Thomson in der Flora Indiae orientalis), und zwar unter Einreihung der *C. quadriflora* DC. und *C. terniflora* DC. („Specimen authenticum", Vesque a. a. O. p. 90; vergl. DC. „v. s. in h. Mus. Par.") in die Synonymie von *C. horrida*, obwohl De Condolle diese seine beiden, auch bei Hooker und Thomson zu Synonymen der *C. horrida* gewordenen Arten. *C. quadriflora* und *C. terniflora*, mit *C. Volkameriae* in die

Digitized by Google

Gruppe der *Seriales* und nicht mit *C. horrida* in die Gruppe der *Pedicellares* gestellt hatte, sie also wohl auch „als weit verschieden" von *C. horrida* betrachtet hatte. Dieses frühere Vorgehen von Vesque bietet mir einen Weg, den ich wohl mit Aussicht auf Erfolg betreten kann, um Vesque selbst auch auf meine Seite herüber zu führen: Ich erkläre die „seriale" *C. Volkameriae* DC., anstatt wie früher mit der „pedicellaren" *C. horrida* L. f., für identisch mit der gleichfalls von De Candolle als „serial" bezeichneten *C. terniflora* DC. und *C. quadriflora* DC. — und dann hat sie Vesque selbst schon (1882, l. c. p. 89) als zu *C. horrida* gehörig erklärt, wobei natürlich abzusehen ist von seiner *C. Volkameriae*, d. i. *C. Zeyheri*, welche ja traubige Inflorescenzen besitzt (sieh oben), so dass es einigermassen befremden muss, wie Vesque das in Paris befindliche, mit Blüthen versehene Exemplar derselben (sieh oben) mit der Gruppe der *Seriales* in Verbindung hat bringen können.

Kurz, ich kann an dem von mir ausgesprochenen, auf die vergleichende analytisch-organologische und anatomische Untersuchung gegründeten Urtheile nicht rütteln lassen, dass das Original der *C. Volkameriae* DC. im Hb. Delessert zu *C. horrida* L. f. gehöre.

Dass De Candolle der *C. horrida* L. f. eine andere Stellung anwies als seiner *C. Volkameriae*, *terniflora* und *quadriflora* verliert alles Auffallende, wenn man erwägt, dass De Candolle (den von ihm selbst diesen Arten beigefügten Angaben gemäss) die erstere im Herbarium Banks, also in England, die zweite im Herbarium Delessert, damals in Paris, die dritte im Pariser Museum, alle drei also verhältnissmässig nur flüchtig gesehen, und nur die vierte *C. quadriflora* end-

Digitized by Google

lich in seinem Herbarium vor sich gehabt hat,[1]) und wenn man weiter berücksichtigt, dass bei einer Vermehrung und Aneinanderdrängung der von oben nach unten sich entwickelnden serialen Blüthen der *C. horrida* über die gewöhnliche Zahl von 2 oder 3 hinaus die unterste nicht selten etwas zur Seite gedrängt wird, wodurch die seriale Anordnung gestört und in die der „*Pedicellares*" umgewandelt erscheinen kann. Vergleicht man die Diagnosen der *C. Volkameriae* und *C. horrida* bei De Candolle, so tritt als wesentliche Verschiedenheit in denselben nur hervor, dass die „stipulae spinosae" bei letzterer als „patentes" bezeichnet werden; so erscheinen sie aber in der That gelegentlich bei Herbarexemplaren in Folge des Pressens.

Ich habe mich bemüht den Fehlgriff, welchen De Candolle in der Aufstellung der *C. Volkameriae* überhaupt und in der Bezeichnung derselben als einer besonderen Art des Caplandes gethan hat, soweit als möglich in seinen ursächlichen Momenten zu verfolgen. Es ist nämlich schwer einzusehen, wie De Candolle dazu kam, in einer Pflanze aus der Polyandria mit „stipulis spinosis apice uncinatis" die „*Volkameria Capensis* Burm.! prodr. cap. 17", wie er citirt, zu sehen, welche N. L. Burman an der citirten Stelle im Anhange zu seiner Flora indica, 1768, in die Didynamia Angiosperma eingereiht und als wehrlose Pflanze bezeichnet hat, mit den Worten: „*Volkameria (capensis)* inermis, foliis alternis ovatis, floribus pedunculatis axillaribus."

De Candolle muss einen ausserhalb dieser Angaben gelegenen Grund gehabt haben, die als *C. Volkameriae* von ihm bezeichnete Pflanze des Herb. Delessert für die erwähnte Pflanze von Burman zu halten.

---

1) Wie ich in Genf selbst im vergangenen September ersehen konnte, in einem von Lambert mitgetheilten Exemplare.

Digitized by Google

Die autoptische Untersuchung, zu welcher ich in diesem Herbste in Genf Gelegenheit fand, liess diesen Grund einfach darin erkennen, dass die betreffende Pflanze, worauf schon das Rufzeichen in dem Citate bei De Candolle hinweist, aus dem Herbare Burman's, das durch Kauf im Jahre 1801 an Delessert gekommen war[1]), herrührt und von Burman selbst mit der zu jenem Fehlgriffe Veranlassung gewordenen Bezeichnung „*Volkameria capensis*" versehen worden ist.

Diese Bezeichnung trägt (zur Linken) dasselbe Blatt Papier, welchem die Pflanze selbst auch nach der Uebung der damaligen Zeit zugleich mit einer ihr unteres Ende überdeckenden, umrahmten Etiquette ihrer ganzen Ausdehnung nach aufgeklebt ist, so dass an eine später etwa vorgekommene Verwechselung von Pflanze und Bezeichnung hier nicht gedacht werden kann. Die erwähnte Etiquette trägt, wie es scheint ebenfalls von Burman's Hand, die Phrasen: „*Jasminum africanum Styracis folio singulari*", welche ich nirgends publicirt gefunden habe (weder bei Jo. oder N. L. Burman, noch bei Plukenet oder Bauhinus) und „*Volkameria foliis ovatis alternatis floribus axillaribus pedunculatis*", in welcher sich die vorhin (p. 374) angeführte Diagnose N. L. Burman's, abgesehen von dem Worte: „inermis", wörtlich darstellt.

Wie Burman dazu kam, aus dieser mit geöffneten Blüthen versehenen Pflanze — und sei es auch nur bei der Etiquettirung — eine *Volkameria* und zwar eine als „wehrlos" bezeichnete zu machen, lässt sich nur aus grober Fahrlässigkeit erklären.

1) Eine Notiz über die Zeit des Kaufes, welche Lasègue in dem Berichte darüber (s. dessen Musée Delessert, 1845, p. 65, 66) unerwähnt gelassen hat, habe ich in dem handschriftlichen Acquisitionscataloge De Candolle's bei einer gleichzeitig von diesem gemachten Erwerbung für sein Herbar eingetragen gefunden.

Digitized by Google

De Candolle seinerseits nahm nun die Pflanze — und daraus kann ihm ein Vorwurf eigentlich nicht erwachsen — einfach für das, was die Hand Burman's im Widerstreite mit den Charakteren der Pflanze und seinen eigenen Angaben daraus gemacht hatte, unter Uebertragung derselben in die Gattung *Capparis*, wohin sie auch sicherlich gehört, und unter Eintragung des ihr darnach neu ertheilten Namens „*Capparis Volkameriae*" zur Rechten derselben mit eigener Hand, gleichwie auch auf einer der Pflanze im Herb. Delessert beiliegenden, sie darstellenden, von Node-véran gezeichneten, aber unedirt gebliebenen Tafel.

Besser wohl wäre es sicherlich gewesen, aus diesem Widerstreite Veranlassung zu näherer Prüfung der Sache zu entnehmen. Vielleicht hätte dieselbe, mit Rücksicht auf das, was Burman selbst über die Materialien zu seinem Prodromus Flor. capens. angibt, dazu geführt, gegen die Zugehörigkeit der Pflanze zur Flora des Caplandes und damit gegen ihre Eigenartigkeit innerhalb der Gattung *Capparis* Bedenken zu erheben, statt sie dieser Flora kurzweg als neue *Capparis*-Art zuzuweisen. Burman hebt nämlich in der Vorrede zu seiner Flora indica mit Rücksicht auf den als Anhang ihr beigegebenen Prodr. Fl. cap. am Schlusse hervor, dass die vorzugsweise von Oldenland herrührenden Materialien dazu nicht alle der Flora des Caplandes anzugehören, vielmehr theilweise aus von anderen Ländern dorthin gelangten Samen hervorgegangen zu sein scheinen.

Auf diese Weise mag denn auch die indische *Capparis horrida* L. f. unter diese Materialien sich eingeschlichen haben.

Sie kann aber auch, da das Herb. Burman, wie in der Vorrede der Flora indica auf zweiter Seite mitgetheilt ist, auch die Pflanzen von Hermann und Hartog enthielt, welche beide ebenso in Indien, wie am Cap gesammelt haben (s. Jo. Burman auf der vorletzten und am Ende

Digitized by Google

der vorhergehenden Seite der Vorrede zu dessen Thesaurus zeylanicus 1737, mit den Catalogen africanischer Pflanzen von Hermann und Hartog im Anhange), vielleicht aus dem indischen Theile dieser Sammlungen in den africanischen sich verloren haben. Eine Verbreitung der *Capparis horrida* L. f. von Indien bis zum Cap anzunehmen, wozu mich früher (Sitzungsb. 1884, p. 110) die Voraussetzung geneigt gemacht hat, dass wenigstens auf die Vaterlandsangabe für die *Capparis Volkameriae* DC. Verlass zu nehmen sein werde, ist dem Gesagten gemäss durch diese Angabe nicht mehr veranlasst.

Ich hoffe, dass durch das Vorausgehende nun auch für Herrn Vesque die *Capparis Volkameriae* DC. definitiv aus der Welt geschafft sein wird.

Damit aber dieselbe nicht nochmals durch irgend eine Hinterthüre zum Vorschein komme, scheint es mir nothwendig, auch auf das einzugehen, was Harvey und Sonder in der Flora capensis unter diesem Namen verstanden haben, und was, wie ich gleich im vorhinein bemerken will, sich wie die Pflanze von Vesque auch wieder als nichts anderes darstellt, denn als *Capparis Zeyheri* Turcz.

Es ist das eine blüthenlose Pflanze der Sammlung von Ecklon und Zeyher n. 108, welche Harvey und Sonder unter wörtlicher Wiederholung der Diagnose De Candolle's und des von diesem beigefügten Burman'schen Synonymes als einzige capensische Art der „*Seriales*" aufführen, bei welcher Einreihung in die Gruppe der *Seriales* sie ebenfalls, da sie ja Blüthen nicht gesehen haben, wie sie ausdrücklich angeben („flowers to us unknown"), lediglich De Candolle folgen, und zwar ohne etwa auf eine Autopsie der De Candolle'schen Pflanze sich zu stützen, wie aus eben dieser Angabe hervorgeht.

Nur eine kleine Veränderung haben Harvey und Sonder nach ihrem Materiale in die Diagnose De Can-

Digitized by Google

dolle's eingeführt, insoferne sie die Blätter als gelegentlich auch oberseits behaart bezeichnen. Eine andere Aenderung beruht offenbar nur auf einer Unachtsamkeit im Copiren. Sie drucken nämlich, anstatt wie De Candolle „pedicellis 2—3 seriatis" in gänzlich sinnverändernder Weise: „pedicels 2—3-seriate", schreiben also der Pflanze damit im Handumdrehen 2—3 Reihen von Blüthen zu, anstatt 2—3 Blüthen in einer Reihe.

Eine sehr zu bemerkende Abweichung gegenüber der von De Candolle entlehnten Diagnose findet sich aber in der nach dem eigenen Materiale beigefügten kurzen Beschreibung, indem Harvey und Sonder von den Blättern hier nicht mehr, wie in der Diagnose „with a hard mucro" sagen, sondern „tippid with a short, obtuse, callous point". Denselben Ausdruck „tipped with a hard point" gebrauchen sie für die Pflanze von Zeyher, n. 1915, das ist *C. Zeyheri* Turcz., ohne diesen Ausdruck hier etwa von Turczaninow entlehnt zu haben, welcher die Blätter lediglich als „obtuse acuminata" bezeichnet (Bull. Moscou, XXVII, 1854, p. 324).

Diese Uebereinstimmung in der Beschreibung und die weitere Uebereinstimmung in der Angabe „der Wälder von Krakakamma" als Fundort sowohl für Ecklon und Zeyher n. 108 wie für Zeyher n. 1915 erregte in mir die Vermuthung, dass auch die erstere Pflanze nichts anderes als *C. Zeyheri* sein dürfte. Da ferner Harvey und Sonder bei Ecklon und Zeyher n. 108 den Standort wörtlich so anführen, wie ich ihn bei der oben erwähnten als *C. Volkameriae* DC. bestimmt gewesenen n. 569 der englischen Ausgabe von Ecklon und Zeyher's Pflanzen im Münchener Herbare angeführt fand, nämlich „Krakakamma and Adow", da weiter die Exemplare der englischen Ausgabe, abgesehen von den beigesetzten Nummern, bekanntlich mit den von Ecklon und Zeyher selbst in ihrer Enum. Plant. Afr. austr. (1834 etc.) unter fortlaufenden Nummern edirten Pflanzen

Digitized by Google

correspondiren, und da endlich eine Beziehung jener n. 569 auf eine der anderen als Arten von *Capparis* unter n. 109 bis n. 112 von Ecklon und Zeyher aufgeführten Pflanzen sowohl nach den Literaturangaben als nach den betreffenden im Münchener Herbare vorhandenen Materialien ausgeschlossen ist, so erscheint der Schluss gerechtfertiget, dass die obige n. 569 aus englischer Quelle gleich sei der n. 108, welche nicht nur Harvey und Sonder, sondern früher schon Ecklon und Zeyher selbst auch in ihrer Enum. Plant. Afr. austr. Pars I. 1834, p. 14 als *Capparis Volkameriae* DC. bezeichnet haben, unter gleicher Standortsangabe. Diese mit n. 569 versehene, die n. 108 der Enum. vertretende Pflanze ist aber, wie ich schon oben hervorgehoben habe, dem anatomischen Befunde nach in der That ganz die gleiche Art, wie Zeyher n. 1915, das ist *C. Zeyheri* Turcz.

Die Pflanze des Münchner Herbares n. 569 besteht aus einem Zweige letzter Ordnung, welcher unbewehrt ist. Es entspricht das der Angabe von Turczaninow: Spinis ramorum brevibus uncinatis, ramulorum nullis", welche Angabe ich bei einem Exemplare von Zeyher n. 1915 im Hb. Boissier vollständig bestätiget gefunden habe, für welche aber Harvey und Sonder, nicht ebenso genau, bei *C. Zeyheri* (Zeyher n. 1915) bloss bemerken: „Stipules spiny, hooked". Wie bei der Pflanze des Münchener Herbares scheint sich die Sache auch bei der entsprechenden n. 108 von Ecklon und Zeyher zu verhalten, da Harvey und Sonder in ihrer Beschreibung dieser Pflanze stechende Organe nicht erwähnen.[1])

Harvey und Sonder sind wohl zweifellos nur in Folge der Bestimmung dieser Pflanze als „*C. Volkameriae* DC." durch Ecklon und Zeyher selbst dazu gekommen, sie als

1) Ich habe mich bemüht, von der in Rede stehenden n. 108 der Sammlung von Ecklon und Zeyher selbst auch Einsicht zu gewinnen, bisher aber leider vergebens. Sie scheint nur an wenige Abnehmer dieser Sammlung gelangt zu sein.

Digitized by Google

C. Volkameriae DC. auch aufzuführen, während sich in ihr vielmehr nur eine *C. Volkameriae*, non DC., Ecklon et Zeyher darstellt, gleichwerthig somit der schon von Turczaninow als Synonym seiner *C. Zeyheri* angeführten *C. Volkameriae*, non DC., Drege coll. (s. ob. p. 369).

Die *Capparis Volkameriae* in Harvey et Sonder Fl. cap. ist also theilweise Synonym zu *C. horrida* L. f., theilweise zu *C. Zeyheri* Turcz., das erstere nämlich quoad diagnosin, das letztere quoad stirp. cit. coll. Ecklon et Zeyher n. 108.

Damit hoffe ich nun auch jede Hinterthüre für ein Wiedererscheinen der *C. Volkameriae* DC. verschlossen zu haben.

II.

Was die zweite Bemerkung von Vesque betrifft, so bezieht sich dieselbe bloss auf die Wahl eines anderen Namens für eine von Vellozo unter der Bezeichnung *Capparis flexuosa* im Jahre 1825 aufgestellte südamericanische Art, welche Bezeichnung meiner Anregung entsprechend (sieh diese Sitzungsberichte 1884, p. 130, Anmerkung) von Vesque nun durch den Steudel'schen Namen *Capparis Arrabidae* ersetzt wird, um, wie schon die Absicht von Steudel war, einer Collision mit der gleich alten *C. flexuosa* Bl. 1825, auszuweichen, während die noch ältere *C. flexuosa* L. 1762, wie ich an dem angeführten Orte schon erwähnt habe, bereits im Jahre 1791 durch Swartz in die Synonymie von *C. cynophallophora* L. verwiesen worden ist. Ob *C. Arrabidae* eine selbständige Art sei, oder, wie ich schon früher erwähnt habe, einer in der Flor. bras. ausgesprochenen Wahrscheinlichkeit gemäss zu *C. elegans* Mart. gehöre, bleibt dahin gestellt.

Ich habe seiner Zeit bei Besprechung dieser Verhältnisse (a. a. O.) angenommen, dass sowohl Vellozo wie

Digitized by Google

Blume von der eben erwähnten Einziehung der Linné-schen *C. flexuosa* durch Swartz Kenntniss gehabt haben werden, als sie je eine neue Art unter diesem Namen aufstellten. An Stelle dieser Annahme möchte ich aber jetzt die andere setzen, dass es noch wahrscheinlicher sei, Vellozo habe dabei ohne solche Kenntniss und desshalb ohne Bedachtnahme auf eine allenfallsige Collision des von ihm gewählten Namens mit schon bestehenden gehandelt. Es scheint mir das nämlich daraus hervorzugehen, dass er auch von der Aufstellung einer Gattung *Labatia* durch Swartz, 1788, zu Ehren des Dominicaners Labat, des Herausgebers „einer Reise nach den französischen Inseln Americas, 1724" eine Kenntniss wohl nicht gehabt hat, da er selbst auch dem gleichen Pater Labat zu Ehren, wie er in seinem Manuscripte (1790) ausdrücklich angegeben (s. d. Text d. Fl. Flum. zu Vol. I, Tab. 125), eine Gattung *Labatia* aufgestellt hat mit der Art *Labatia conica*. Diese Pflanze gehört zu den bisher fast ganz vernachlässigten der Publicationen von Vellozo. Sie ist im Index method. der Fl. Flumin. unter den „Plantae penitus dubiae" aufgeführt und in der Flor. bras. VII als von der Sapotaceengattung *Labatia* auszuschliessende Pflanze nicht erwähnt.

Es mag deshalb nicht unangemessen sein, hier nochmal wie schon in diesen Sitzungsb. 1884, p. 406 annot., hervorzuheben, dass dieselbe so gut wie zweifellos eine Art der Gattung *Ilex* darstellt, *Ilex conica* m. (l. c.), bezüglich deren aber erst noch näher zu bestimmen bleibt, welche Stellung sie zu den anderen aus Südamerica bereits veröffentlichten *Ilex*-Arten einzunehmen hat (s. a. a. O.).

III.

In der dritten Bemerkung bestätiget Vesque die in diesen Sitzungsberichten, 1884, p. 136, 137 von mir ausgesprochene Ansicht, dass die von ihm unter dem Namen

Digitized by Google

Capparis anceps Shuttlew. ihren anatomischen Verhältnissen nach in Ann. sc. nat. 1882, p. 116, 117 beschriebene Pflanze aus Florida, wie ich aus seinen Angaben erschlossen hatte, nichts anderes sei als *Capparis jamaicensis* Jacq.

Es wird damit die Einstellung jenes Namens in die Synonymie der *C. jamaicensis* Jacq., wie ich sie auf p. 176 der Sitzungsberichte, 1884, vorgenommen habe, als richtig bekräftiget.

Ich füge dem bei, dass diese Pflanze nach der Zeichnung des Blattes bei Vesque (Eph., Tab. 66) wie die schon früher damit von mir in Vergleich gestellte Pflanze aus Florida von Curtiss n. 204 zu der Forma *emarginata* gehört und dass nach brieflicher Mittheilung des Herrn Vesque die Etiquette der in Rede stehenden Pflanze den Namen *C. anceps* Shuttlew. gedruckt enthält, so dass dieser Name nach den De Candolle'schen Nomenclatur-Regeln schon als an und für sich und nicht erst durch Vesque publicirt anzusehen ist. Eine Verschiebung in der chronologischen Reihenfolge der Synonyme dürfte der Name übrigens kaum zu erfahren haben, da er wohl, wie der von dem gleichen Autor herrührende Name *Sapindus Manatensis* (s. Radlkofer über Sapindus etc., Sitzungsberichte 1878, p. 318, n. 35) für eine unter n. 115 mit gedruckter Etiquette verbreitete, von Rugel im Jahre 1845 auf Florida gesammelte, mir aus dem Herbarium Boissier vor Augen liegende Pflanze nicht vor dem Jahre 1845 in Gebrauch genommen sein wird.

Capparis anceps Sh. wäre somit durch Vesque's nachträgliche ausdrückliche Billigung für die von mir bewerkstelligte Uebertragung derselben zu *C. jamaicensis* Jacq. erlediget.

Nicht ebenso aber *C. jamaicensis* selbst, mit Rücksicht auf das von Vesque a. a. O., 1882, p. 118, 119 über diese Art nach einer Pflanze aus den Antillen Mitgetheilte, worüber Vesque in seiner oben (p. 367) wiedergegebenen Bemerkung

Digitized by Google

hinweggeht, gleichwie er auch auf den beigegebenen Tafeln diese Pflanze übergeht, indem er als *C. jamaicensis* unter n. 70 der Tafel 66 und 67 nur die früher als *C. anceps* Sh. bezeichnete Pflanze aus Florida, wie auf der Tafel bemerkt ist, berücksichtiget. Und doch bedarf die nun in Rede stehende Pflanze sehr einer erneuten kritischen Betrachtung, da sie nach der früheren Angabe von Vesque, wie ich seiner Zeit hervorgehoben habe, durch eine krystallfreie Epidermis sich auszeichnet.

Ich bin in der angenehmen Lage, diese Lücke in der neuen Publication Vesque's ausfüllen zu können. Ich habe von Herrn Vesque schon im Juni 1884 auf briefliche Anfrage die Mittheilung erhalten, dass die betreffende Pflanze von Plée auf Martinique gesammelt worden sei, und dieser Mittheilung war eine Umrisszeichnung des untersuchten Blattes und die untere Hälfte desselben selbst beigefügt, sowie eine Zeichnung der oberen Epidermis, mit den angeblichen „Narben einreihiger (?) Haare", in welchen ich seiner Zeit (Sitzungsberichte 1884, p. 140), wie in den ebenso für *C. odoratissima* und *C. anceps* von Vesque angegebenen Haarnarben, die Enden der diesen Pflanzen zukommenden Spicularzellen vermuthen zu müssen glaubte.

Das übersendete Blatt zeigte in der That eigenthümliche Verhältnisse bezüglich der Krystalle und es lag mir nun sehr daran, auch Blüthentheile der betreffenden Pflanze zu erhalten. Herr Poisson, an den ich mich darum wandte, hatte die Güte mir im November desselben Jahres (1884) Blüthenknospen und weitere Blattfragmente derselben Pflanze zu übersenden.

Darnach liess sich nun (besonders durch den Nachweis des gestreckten, kahlen Gynophorums) leicht feststellen, dass die Pflanze wirklich, wie ich schon früher (Sitzungsberichte p. 139) für möglich erachtet hatte, zu *C. jamaicensis* Jacq. gehöre. Sie stellt aber nicht, wie *C. anceps* Sh. die Forma

Digitized by Google

1. *emarginata* dar, sondern die von mir (Sitzungsberichte 1884, p. 176) als Forma 5. *sublanceolata* bezeichnete Spielart mit beiderseits spitzigen Blättern, ganz so wie die als Typus dieser Form betrachtete aus Trinidad stammende *C. intermedia*, von Kunth, Sieb. coll. n. 97.

Die übersendeten Fragmente zeigten, wie in der Beschaffenheit der Blüthenknospen, so auch in dem anatomischen Verhalten des Blattes, abgesehen von einem am Schlusse zu berührenden Punkte (eigenthümlichen Begleitzellen der Gefässbündel) und abgesehen von den Krystallen, von welchen gleich weiter die Rede sein soll, ganz die für *C. jamaicensis* als normal zu bezeichnenden Verhältnisse, und zumal blieb unter Rücksichtnahme auf die von Vesque gütigst mitgetheilte Zeichnung der oberen Epidermis kein Zweifel darüber, dass meine schon erwähnte Deutung der angeblichen Haarnarben als Endigungen von Spicularzellen richtig gewesen sei.

Die Epidermis erwies sich übrigens, sowohl die obere als die untere, auffallender Weise in der That, wie Vesque angegeben hatte, auf den ersten Blick als krystallfrei, und erst, als das polarisirte Licht zu Hülfe genommen wurde, liess sich da oder dort ein kleiner Gypskrystall (sieh über die Natur dieser Krystalle meine frühere Mittheilung, Sitzungsberichte 1884, p. 139) in einzelnen Epidermiszellen nachweisen. Und diess sowohl bei dem Blattfragmente, welches Herr Vesque, als bei dem, welches Herr Poisson übersendet hatte, so dass die Annahme ausgeschlossen war, es habe etwa das erstere durch Einbringen in Wasser bei der Untersuchung durch Vesque eine dieses Verhalten erklärende Veränderung durch Auslaugen erfahren, wie etwa in Wasser oder wässerigem Glycerin liegende Präparate sie erleiden, worauf ich schon früher aufmerksam gemacht habe (l. c. 1884, p. 139). Im Uebrigen war mir schon aus meiner erstmaligen Untersuchung bekannt, dass der Reichthum der Epidermis an Gypskrystallen Schwankungen zeigt und bei

Digitized by Google

erneuter vergleichender Untersuchung ergab sich namentlich für die Pflanze von Sieber n. 97, für welche mir ein spärlicheres Vorkommen von Krystallen schon früher aufgefallen war, dass ihr Verhalten dem der Pflanze von Plée sich mehr als dem der Exemplare anderer Formen, wie Curtiss n. 204 etc., nähert. Darnach stellt der Befund bei der Pflanze von Plée nur ein extremes Verhältniss, nämlich Seltenheit und Kleinheit der Krystalle dar, während andere Pflanzen, z. B. Curtiss n. 204, das andere Extrem, Häufigkeit und Grösse der Krystalle zeigen, welch letzterem Extreme das Verhalten sich allerdings in der Regel zu nähern scheint. Es ist somit das Vorkommen oder Fehlen von Gypskrystallen in der Epidermis der Capparis-Arten nicht als ein Charactersticum von so hohem Werthe zu bezeichnen, als man bisher anzunehmen geneigt war.

Ich werde Gelegenheit haben, unter V hierauf zurückzukommen und zu zeigen, dass zwar das Vorkommen von Gyps in den Epidermiszellen, nicht aber dessen Auftreten in Krystallform das Characteristische sei.

Hervorzuheben ist weiter, dass die Epidermis der unteren Blattseite in gleicher Weise, wie ich es für *C. jamaicensis* a. a. O. (Sitzungsberichte, 1884, p. 136) des Näheren beschrieben habe, auch bei der in Rede stehenden Pflanze von Plée wellig gestreift ist. Wenn Vesque in seiner ersten Arbeit für diese Pflanze (l. c. 1882, n. 74), wie bei der gleichfalls zu *C. jamaicensis* gehörigen *C. anceps* Sh. (n. 71) angibt: „Épidermes rectilignes à cuticule lisse" (oder im ersteren Falle „Epiderme rectiligne à cuticule lisse"), so gilt das somit nur von der oberen Epidermis; rücksichtlich der unteren aber stimmt die Angabe nicht mit dem Sachverhalte überein, wie ich schon früher hervorgehoben habe (1884, p. 136) und worauf ich jetzt mehr Gewicht als damals zu legen mich veranlasst sehe. Die untere

Digitized by Google

Epidermis scheint von Vesque überhaupt nicht näher untersucht worden zu sein, und ist auch auf Tafel 66, 67 der neuen Publication für *C. jamaicensis* Jacq. (*C. anceps* Sh.) eine Darstellung derselben nicht gegeben. Ebensowenig auf Taf. 61 der neuen Publication für die ganz ähnlich sich verhaltende *C. odoratissima* Jacq., für welche Vesque früher (1882, n. 64) ebenfalls im Widerspruche mit dem Sachverhalte angegeben hat: „Épidermes rectilignes à cuticule lisse". Die mit dieser Angabe stark contrastirende wellige Streifung oder vielmehr Wulstung der Epidermis stellt sich jetzt für die ganze Gruppe der zur Section „*Quadrella*" gehörigen Arten als viel wichtiger dar, als das Vorkommen von Krystallen in den Epidermiszellen. Ich werde Gelegenheit haben auch hierauf unter V zurückzukommen und von dem Werthe dieses Verhältnisses Gebrauch zu machen.

Von der eben stattgehabten Erwähnung der *C. odoratissima* Jacq. nehme ich Veranlassung, bezüglich des schon früher (Sitzungsb. 1884, p. 148) für dieselbe nach Humboldt, Bonpland und Kunth (Nov. Gen. etc. V, 1821, Ed. in 4° p. 98) angeführten Volgärnamens „Olivo" zu bemerken, dass derselbe im Herb. Monacense auch bei einer von Bertero auf S. Domingo gesammelten, wahrscheinlich zu *Simaba* gehörigen Pflanze sich findet, und dass nach Aiton Hort. Kew., Ed. I, II (1789) p. 365, 366 auf Barbados *Bontia daphnoides* L. „Barbadoes Wilde Olive" genannt wird, welche Pflanze auch von Plukenet, Almagest. p. 269, tab. 209, fig. 2, als *Olea sylvestris barbadensis* etc. aufgeführt wird, wie unter ähnlichen Namen auch noch Pflanzen aus anderen Ländern. Was weiter den früher nach der handschriftlichen Mittheilung von Bonpland im Herb. Willd. n. 10062 von mir (a. a. O. p. 149) erwähnten Vulgärnamen „Olivo crioyo" für *Capparis Breynia* Jacq. be-

Digitized by Google

trifft, so ist in demselben, wie mir von befreundeter Seite — von Herrn S. Ernsthal, welcher viele Jahre im spanischen America zugebracht hat — mitgetheilt wird, „crioyo" eine aus der Aehnlichkeit der Aussprache entstandene ungenaue Schreibweise für criollo, (ähnlich wie poyo, statt pollo, Huhn). Criollo aber bedeutet soviel als „creolisch, in America erzeugt" und ist auch von Pflanzen üblich (sieh Seckendorff spanisches Lexikon I, 1823, p. 529). Olivo crioyo oder besser Olivo criollo ist demnach zu übersetzen durch „americanischer Oelbaum".

Was ich nun zum Schlusse, wie schon oben (p. 384) angeführt, noch kurz in Betrachtung ziehen möchte, ist ein anatomisches Verhältniss des Blattes, welches bei der Pflanze von Plée besonders deutlich hervortrat. Es zeigen sich hier in der Begleitung der feineren Gefässbündel Zellen mit eigenthümlichem gelblichem Inhalte, anscheinend den von Blenk (Flora 1884, p. 103, Sep.-Abdr. p. 17) bei den *Cleomeen* beobachteten eigenthümlichen Belegzellen oder Begleitzellen der Gefässbündel entsprechend, in welchen selbst wohl wieder etwas den „Eiweissschläuchen" E. Heinricher's (s. Mittheilungen des Bot. Institutes zu Graz, Bd. I, 1886) Analoges zu sehen ist, obwohl Heinricher diese gerade für die *Cleomeen* nicht, wohl aber für die *Cappareen* angibt. Ob dieselben zugleich den von Vesque (Ann. 1882, p. 54) nur nebenbei erwähnten „cellules à gomme" entsprechen, welche wie derselbe meint, „eine Verwandtschaft der *Capparideen* mit den *Malvales (Ropalocarpus)*[1]) andeuten", lasse ich dahin gestellt.

Wie bei der Pflanze von Plée fanden sie sich auch bei anderen Exemplaren der *C. jamaicensis* (von Sieber,

1) Bentham und Hooker bringen bekanntlich diese Gattung von Boyer fragweise zu den *Tiliaceen*, während Baillon sie „als Typus einer zweifelhaften Abtheilung der *Capparideen*" betrachtet (Hist. d. Pl. III, 1872, p. 165), in welcher sie zur Zeit allein steht.

Digitized by Google

Wullschlaegel, Swartz), nur dass ihr Inhalt hier blässer war. Der Inhalt färbt sich mit wässeriger Jodlösung intensiver gelb, löst sich weder in Wasser noch in Alkohol, quillt in concentrirter Schwefelsäure unter Blässerwerden auf, schrumpft bei nachfolgendem Auswaschen mit Wasser wieder zusammen, und färbt sich mit Jod nun wieder tief gelbbraun; er zeigt weder vor noch nach der Einwirkung von Schwefelsäure bei Anwendung von Eisensalzen (Eisenalaun) eine Gerbstoffreaction.

Wie weit diese Zellen verbreitet sind, welches ihre Bedeutung ist und in welchem Maasse dieselben bei den betreffenden Pflanzen etwas Characteristisches darstellen, ist erst noch näher zu untersuchen. Vor der Hand mag es genügen, wie in Kürze schon früher (s. diese Sitzungsb. 1886, p. 301), so nun etwas eingehender auf dieselben hingewiesen zu haben.

Die Zeichnungen von Vesque (Epharmosis I) lassen solche Zellen für *Thylachium* (n. 4, Tafel 2), für *Capparis odoratissima* (Tafel 61), *Capp. angustifolia* (Tafel 63) und *Crataeva Nurvala* (Tafel 74) vermuthen, sowie nach Ann. sc. nat., 1882, Tafel 1 für *Capp. incanescens*. Bei *Capp. Zeyheri* scheinen sie mir ebenfalls vorhanden zu sein. Andere *Capparis*-Arten mit analogen Vorkommnissen habe ich schon früher (s. diese Sitzungsb. 1884, p. 117) namhaft gemacht (*C. flexuosa* Bl. etc.).

In ähnlicher Form, wie sie Blenk für *Gynandropsis pentaphylla* beschrieben hat, finden sich, wie ich in meinen Mittheilungen „über Pflanzen mit durchsichtig punktirten Blättern" in diesen Sitzungsberichten 1886, p. 304—5 angeführt habe, solche Beleg- oder Begleitzellen, und zwar mit gerbstoffartigem Inhalte, auch bei Pflanzen aus anderen Familien: *Kallströmia maxima*, *Euphorbia pilulifera*, *Portulacca oleracea*.

Digitized by Google

IV.

Was die von Vesque in seiner früheren Arbeit (a. a. O. 1882) unter den „Species incertae sedis", p. 120, n. 78, als „*Capparis oxysepala?*" aufgeführte Pflanze mit der Bemerkung „Nicaragua, Wright" betrifft, so zeigen die jetzt auf Tafel 70, n. 76 veröffentlichten Zeichnungen sicherlich, wie Vesque in der oben wiedergegebenen Bemerkung n. 4 hervorgehoben hat, dass diese Pflanze nicht etwa zu der gleichfalls von Wright in Nicaragua gesammelten *Capparis Breynia* Jacq. gehöre, wie ich früher fragweise als möglich annehmen durfte (Sitzungsberichte 1884, p. 173 und 181), in Rücksicht nämlich auf das von Vesque dafür angegebene Vorkommen von Schülferchen: „Poils en écusson, à cellules rayonnantes, nombreuses, formant un disque à bord entier, abondants partout".

Schülferchen besitzt eben die *C. oxysepala* Wr., welche ich im Originale des Herb. Grisebach gesehen habe, nicht.

Vesque gibt sich nun der Meinung hin, dass die von ihm untersuchte Pflanze eine neue Art sei, für welche er sich aber einer Namengebung enthalten zu sollen glaubt, bis die organologischen Charactere der Pflanze studirt sind.

Es ist aber noch ein Drittes möglich und nach den jetzigen Darlegungen Vesque's wahrscheinlich, nämlich, dass Vesque zwar die ächte *C. oxysepala* Wr., vor sich gehabt habe,[1]) dass er damit aber die Schülferchen einer anderen Pflanze, vielleicht nach einem zufällig bei der Pflanze Wright's gelegenen Blatte in Verbindung gebracht habe.

Das Erstere, dass Vesque wirklich die ächte

1) Die Mittheilung eines Blattfragmentes, welches zweifellos Gewissheit hierüber gegeben haben würde, war Herrn Vesque, wie er mir schreibt, wegen der Armseligkeit des betreffenden Exemplares leider nicht möglich.

Digitized by Google

C. oxysepala Wr. vor sich gehabt habe, folgere ich daraus, dass seine Zeichnungen, abgesehen von den Schülferchen, sehr wohl die Verhältnisse des Blattes von *C. oxysepala* darstellen. Weiter gibt Vesque brieflich nun auch die Nummer 2 als Collectionsnummer und das Herb. of the U. S. North Pacif. Exploring Expedition als die Quelle, aus welcher die Pariser Pflanze stammt, an, was mit den von mir dem Herb. Grisebach entnommenen Angaben (sieh Sitzungsberichte, 1884, p. 172, Anmerkung) vollständig übereinstimmt. Endlich hebt derselbe gleichzeitig hervor, „dass die Kelchblätter sehr scharf zugespitzt sind", was bei dem Originale sich ebenso verhält. Schade, dass Herr Vesque die organologischen Charactere nicht gleich noch weiter studirt und mit dem, was ich darüber mitgetheilt habe (Sitzungsb. 1884, p. 172 Anmerk.), in Vergleich gezogen hat.

Was den zweiten Theil meiner jetzigen Annahme betrifft, dass Vesque aus Versehen die Schülferchen von einer anderen Pflanze für solche der *C. oxysepala* gehalten, beschrieben und abgebildet habe, so folgere ich das aus folgenden 3 Umständen:

Erstens daraus, dass bei *C. oxysepala* auch an dem jungen Blatte Schülferchen eben nicht zu finden sind.

Zweitens aus der Angabe „abondants partout" im Zusammenhange mit dem Umstande, dass Angaben über den Blattstiel, wie sie bei anderen Arten sich finden, hier fehlen. Darnach lässt sich das „partout" nur auf die beiden Blattseiten beziehen. „Ein reichliches Vorkommen von Schülferchen auf beiden Blattseiten" aber ist bisher von keiner *Capparis*-Art bekannt, vielmehr nur ein Auftreten an der unteren Blattseite, und auch dieses bisher nur bei den Arten der Sectionen *Quadrella* und *Breyniastrum* (nach dem schon früher bestimmten Umfange derselben, s. Sitzungsb. 1884, p. 174 etc.), denn das, was Vesque (l. c. 1882) für die nun ausserhalb dieser Section stehende *C. angustifolia*

Digitized by Google

Kunth, aus der Section oder Untergattung *Colicodendron* Mart. und Eichl. (in Fl. bras. XIII, 1, 1865, p. 273) als Schülferchen („poils en écusson") bezeichnet hat, sind seiner eigenen, nun veröffentlichten Zeichnung nach (Epharm. tab. 62, 63, n. 65) nur Sternhaare mit auch nach oben gerichteten Strahlen[1]).

Drittens endlich aus der näheren Bezeichnung dieser Schülferchen durch die Worte: „Pili fusci; centrum pilorum obscurum, in icone neglectum" auf Tafel 70. Das passt wieder nicht auf die Schülferchen einer *Capparis*-Art. Zugleich schliesst das die Annahme aus, dass in diesen Schülferchen etwa die Anfänge einer epiphyllen Lichene zu suchen sein möchten, welche überdiess in der Regel auch nur auf einer Blattseite, und zwar auf der oberen aufzutreten pflegen.

Soll ich mit Rücksicht auf die angegebene Farbe der Schülferchen, welche wohl auf den Inhalt ihrer Zellen zu beziehen sein dürfte, eine Vermuthung darüber aussprechen, welcher Pflanze dieselben angehören mögen, wobei sich mir

---

1) Bei gewissen *Cappareen* kommen nach den Zeichnungen von Vesque die Sternhaare den characteristischen Doppelschülferchen, wie sie nach meinen früheren Mittheilungen (Sitzungsberichte 1884, p. 166 nebst Anmerkung) und den daran sich anschliessenden Untersuchungen von O. Bachmann (über die systematische Bedeutung der Schildhaare, Flora 1886, p. 429 — Sep.-Abdr. p. 29) den *Capparis*-Sectionen *Quadrella* und *Breyniastrum*, sowie der Gattung *Atamisquea* eigen sind, dadurch nahe und bilden (wie bei *C. Breynia*) dadurch gleichsam Uebergänge zu denselben, dass über den langen, ausgebreiteten Strahlen eine obere Zellenlage in Form sehr kurzer, nur papillenartig erscheinender Strahlen auftritt. So bei *Steriphoma paradoxum* Endl. (Tafel 4) und *peruvianum* Benth. (Tafel 5); ferner bei *Cadaba heterotricha* (Tafel 19).

Zu den *Capparcen* mit Doppelschülferchen ist hier nach einer inzwischen von mir gemachten Beobachtung noch *Morisonia americana* L. und *Imrayi* Griseb. hinzuzufügen.

Digitized by Google

die von meinem Schüler, Herrn Dr. Bachmann ausgeführte vergleichende Untersuchung über den Bau der Schildhaare (s. d. Citat in der vorausgehenden Anmerkung) als willkommener Führer darbietet, so möchte ich die Vermuthung zunächst auf eine *Bignoniacee* (*Crescentiee*) lenken, in zweiter Linie etwa auch auf eine Pflanze aus der Familie der *Myrsineen*, bei welchen aber die Schülferchen nur spärlich auftreten, nur bei gewissen Pflanzen ganzrandig sind und durch tangentiale, von Vesque nicht angedeutete Fachwände in den Strahlen sich auszeichnen.

Ich kann nicht umhin, bei dieser Gelegenheit wieder zu betonen, was ich schon in meiner ersten Mittheilung über einige *Capparis*-Arten und was ich kurz vorher auch in meiner Rede über die anatomische Methode betont habe, dass die anatomische Methode durch die Genauigkeit, welche sie voraussetzt, eine Garantie bilden soll gegen Vermengungen, wie sie die systematische Botanik leider in so grosser Zahl aufweist, und dass sie die Irrthümer der früheren Methoden bereinigen, nicht aber neue Irrthümer und Vermengungen schaffen soll.

Freilich wird auch sie, wie ich dort gleichfalls hervorgehoben habe, ihre Kinderkrankheiten zu bestehen, ihre Erfahrungen zu machen haben, und namentlich wird es ihr nicht erspart bleiben, die Werthung ihrer Resultate bei erneuter Prüfung ändern und bald einschränken, bald erweitern zu müssen.

Einen solchen Fall haben uns bereits die Erörterungen über *C. jamaicensis* unter III kennen gelehrt, nämlich eine Herabstimmung der früheren Meinung von dem Werthe des Auftretens von (Gyps-) Krystallen in der Epidermis. Die im Folgenden zu betrachtende Pflanze schliesst sich hierin der *C. jamaicensis* an und führt uns weiter rücksichtlich eines anderen Momentes — der Sculptur der Cuticula nämlich — den entgegengesetzten Fall einer Nöthigung zur Erhöhung der früheren Werthung vor Augen.

Digitized by Google

V.

Die von Vesque auf Taf. 71, n. 79 für die früher (Ann. etc., 1882, p. 53) nur dem Namen nach erwähnte und lediglich bezüglich des Vorkommens von Schülferchen genannte, nicht aber, wie sich Vesque in der obigen Bemerkung ausdrückt, „beschriebene" *C. salicifolia* Hort. Paris. gegebenen Figuren lassen mir die betreffende Pflanze, deren Mittheilung Herrn Vesque, wie er mir schreibt, leider durch den Umstand unmöglich gemacht wurde, dass die Pflanze im Pariser Garten ihren Platz gewechselt zu haben scheint und desshalb nicht aufgefunden werden konnte, als sehr ähnlich der *C. neriifolia* erscheinen, welche ich nach einer im Münchener Garten cultivirten Pflanze unbekannter Herkunft aufgestellt und characterisirt habe (Sitzungsberichte 1884, p. 169, 180).

Namentlich die Art der welligen (erhabenen) Streifung oder Wulstung der Cuticula an der unteren Blattseite, das meiner Angabe (a. a. O. p. 170) entsprechende selbständigere Hervortreten der Strahlenzellen an der die Verdoppelung der Schülferchen mit gelbem Mittelfelde bildenden oberen Zellenlage — der „squamula accessoria aurantiaca", wie Vesque sie auf Tafel 71 bezeichnet hat, — und das Fehlen einer Andeutung von Spicularzellen in der Querschnittszeichnung sind Momente, welche die erwähnte Aehnlichkeit bedingen. Auch die daneben skizzirte Gestalt und Nervatur des Blattes lässt sich an kleineren und besonders schmalen Blättern der *C. neriifolia* finden, wenn auch deren Blätter im Allgemeinen in der Mitte deutlich verbreitert sind, deren grössere abgesehen von dem 10—12 mm messenden Stiele, 14 cm und darüber Länge besitzen, bei 16—20 mm Querdurchmesser in der Mitte und bei nahezu gleichmässiger Verschmälerung nach unten wie nach oben.

Digitized by Google

Nur die krystallführende Epidermis schien die Pariser Pflanze von der Münchener zu unterscheiden.

Als ich jedoch mit Rücksicht auf das, was ich nach dem unter III Berichteten an *C. jamaicensis* über Schwankungen im Krystallgehalte der Epidermis kennen gelernt hatte, die Münchener Pflanze erneuter Prüfung unterwarf, und zwar zunächst die Blätter der am Ende des Jahres 1883 von mir eingelegten Zweige, zeigten sich im Gegensatze zu der früheren Beobachtung an den im frischen Zustande untersuchten und krystallfrei befundenen Blättern (anderer Zweige) in der Epidermis jetzt deutliche Krystalle, wenn auch von geringer Grösse und wenn auch nicht in allen Zellen.

Dieselben waren an trocken gefertigten, in Alkohol untersuchten Schnitten zur Wahrnehmung gekommen.

Sie stellten zum Theile rhomboidische Plättchen dar. Im polarisirten Lichte erwiesen sie sich schwach doppelt brechend. Nach Gestalt und Lichtbrechung ergab sich die Vermuthung, dass diese Krystalle nicht wie z. B. die der Epidermis von *C. subcordata* (s. Sitzungsberichte 1884, p. 93, Anmerk.) oder die im Blattinneren anderer *Capparis*-Arten (der *C. pubiflora*, *olacifolia*, *multiflora*, *Zeyheri* — sieh a. a. O. p. 105 Anmerkung und oben unter I) aus oxalsaurem Kalke, sondern wie die der nächst verwandten *Capparis*-Arten (*C. jamaicensis* etc. — sieh Sitzungsberichte 1884, p. 139) aus Gyps bestehen. Das bestätigte sich bei der darauf gerichteten Untersuchung: Die Krystalle lösen sich in Wasser und lassen ihrer Gestalt entsprechende Lücken in dem aus eingetrocknetem, mit Jod sich gelb färbendem Plasma bestehenden Zellinhalte zurück, in welchem sie eingebettet liegen. Lässt man zu einem trocken gefertigten Schnitte statt eines anderen Mediums eine wässerige Lösung von oxalsaurem Ammoniak zufliessen, so verändern sich die Krystalle, indem sie sich mit einem körnigen Niederschlage — oxalsaurem Kalke — bedecken und da und dort auch ganz

Digitized by Google

in einen solchen sich umwandeln. Fügt man dem so veränderten Präparate nach Hinwegnahme der Flüssigkeit und nunmehr erfolgtem Eintrocknen verdünnte Schwefelsäure zu, so schiessen zarte nadelförmige Krystalle, wie sie der Gyps gerne bildet, an, welche wegen ihrer Zartheit im polarisirten Lichte keine Doppelbrechung zeigen und welche da, wo die Einwirkung in entsprechender Weise erfolgt ist, für jede Zelle in eine gesonderte, büschelig oder kugelig strahlige Gruppe geordnet sind. Wie in oxalsaurem Ammoniak bedecken sich die Krystalle auch in Chlorbaryum mit einem Niederschlage und verlieren bei längerer Einwirkung allmälig ihre Doppelbrechung und Löslichkeit, so dass nun ihre Masse, und zwar nicht selten ohne auffallende Aenderung der Umrisse, in schwefelsauren Baryt umgewandelt erscheint.

Nach diesem Befunde ist es nicht unwahrscheinlich, dass die Münchener und die Pariser Pflanze, welche hier in Rede stehen, beide zu einer und derselben Art gehören, und es lässt sich sogar die Frage stellen, ob nicht vielleicht die Pflanze des Münchener Gartens geradezu ein Abkömmling der Pariser Pflanze sei, von dem einen Garten an den anderen mitgetheilt.

Die Verschiedenheit des früheren und des jetzigen Befundes rücksichtlich des Krystallgehaltes der Epidermis veranlasste mich natürlich, auch die lebende Pflanze auf's Neue zu untersuchen.

Ich fand, wie früher, die Epidermiszellen der wegen ihrer günstigeren glatten Oberfläche allein bei dieser weiteren Untersuchung benützten Blattoberseite krystallfrei, in manchen edoch einen rundlichen, glänzenden, öltropfenartigen Körper, welcher keine Doppelbrechung zeigte und nach einiger Zeit an den in wässerigem Glycerin liegenden Präparaten verschwunden war.

Um zu eruiren, ob diese Körper in irgend einer Beziehung zu den am trockenen Materiale beobachteten Gyps-

Digitized by Google

krystallen stehen, und ob die letzteren etwa aus ihnen hervorgehen, wurde das untersuchte Blatt zwischen Papier getrocknet und nun (nach einigen Tagen) auf das Verhandensein von Krystallen geprüft. Krystalle liessen sich auch jetzt in demselben, selbst unter Zuhilfenahme des polarisirten Lichtes, nicht auffinden. Wohl aber zeigten sich an trocken gefertigten Schnitten bei Untersuchung in Alkohol jene kugeligen Körper wieder, wie früher einfach brechend, übrigens anscheinend etwas vergrössert. Bei Untersuchung in Wasser verschwanden dieselben alsbald, und konnte ihre allmälige, von aussen nach innen fortschreitende, ohne Quellung und bei Anwendung von wässeriger Jodlösung ohne Färbung stattfindende Lösung leicht Schritt für Schritt verfolgt werden. Der Gedanke, dass diese Körper gleichsam einen Ersatz für die bei dem früher (1883) getrockneten Materiale gefundenen Krystalle bilden möchten, dass sie ebenfalls, wenn auch vielleicht nur zum Theile aus Gyps bestehen möchten, welcher hier nur durch irgend welche Umstände gehindert worden war, Krystallgehalt anzunehmen, veranlasste deren Untersuchung unter succesiver Einwirkung von oxalsaurem Ammoniak und verdünnter Schwefelsäure, wie sie vorhin schon für die Krystalle berichtet worden ist. Das Resultat war ein der Erwartung entsprechendes. Die kugeligen Körper bedeckten sich im oxalsauren Ammoniak mit einer schaligen Incrustation unter Verschwinden ihrer inneren Masse und wandelten sich so in hohlkugelige, blasige Gebilde um, an deren Stelle beim Einwirken der Schwefelsäure büschelig oder kugelig strahlige Gruppen zarter Gypsnadeln traten, in derselben Weise wie oben für die ebenso behandelten Krystalle beschrieben worden ist. Bei Zusatz von Chlorbaryum zu trockenen Schnitten fand zuerst Lösung der kugeligen Körper, dann Abscheidung von Gruppen stängeliger, in Wasser unlöslicher Krystalle (von schwefelsaurem Baryt) in den betreffenden Zellen statt.

Digitized by Google

Damit waren die Widersprüche zwischen der früheren und der erneuten Untersuchung gelöst.

Es zeigte sich, dass die Blattepidermis der in Rede stehenden Pflanze in ihrem Zellinhalte stets eine beträchtliche Menge von Gyps berge, dass dieser Gypsgehalt aber keineswegs, und auch nicht bei dem Trocknen des Blattes die Bildung von Krystallen veranlassen müsse, sondern auch zu einer Absonderung in amorphem oder kryptokrystallinischem Zustande führen könne.[1])

Darnach bedarf, wie ich schon unter III (p. 385) angeführt habe, die Meinung von dem Werthe, welcher dem Vorkommen von (Gyps-) Krystallen in den Epidermiszellen vieler Capparis-Arten beizumessen ist, einer bedeutenden Modificirung: Nicht das Vorkommen der Krystalle, wie sich nunmehr zeigt. vielmehr das Vorkommen des sie bilden Gypses, der auch anders als in Krystallform zur Abscheidung gelangen kann, scheint es zu sein, welchem ein wesentlicher Werth, welchem die Bedeu-

1) Dass die Krystallbildung hinwieder auch in der lebenden Zelle schon stattfinden könne, ist aus der weiter unten folgenden Darlegung über den Befund an jungen Blättern zu ersehen.

Ob die von Vesque gegebene Zeichnung der krystallführenden Epidermis nach Schnitten von dem lebenden oder vom getrockneten Blatte gefertiget sei, ist nicht angegeben.

Dass das erstere nicht unmöglich sei, hat mir eine kurz vor dem Drucke dieser Zeilen im Spätherbste durch meinen Assistenten. Herrn Dr. Solereder, vorgenommene Untersuchung gezeigt, welche wahrnehmen liess, dass auch im vollentwickelten frischen Blatte gelegentlich schon Krystalle vorhanden sind.

Wie weit das etwa bei den krystallführenden Blättern des oben erwähnten getrockneten Untersuchungsmateriales auch schon der Fall gewesen sein mag, und ob überhaupt eine Abscheidung von Krystallen beim Trocknen da stattfinde, wo ihre Bildung nicht schon während des Lebens der Pflanze eingeleitet war, ist als offene Frage zu betrachten.

Digitized by Google

tung eines diagnostischen Merkmales beizulegen ist.

Es schien mir nach Erlangung dieses Resultates an den bald krystallfrei, bald krystallführend befundenen Blättern der *C. neriifolia* behufs möglichster Vervollständigung der gewonnenen Aufschlüsse noch zweierlei wünschenswerth. Nämlich erstens eine klare Einsicht in die Natur der schon in dem lebenden Blatte von *C. neriifolia* vorhandenen, kugeligen Körper und ihr Verhältniss zu den im getrockneten Blatte beobachteten, auch mit Rücksicht auf den grösseren Umfang der letzteren; und zweitens eine Prüfung der Frage, wie weit das gewonnene Resultat etwa auch zur Erklärung des bald reichlichen, bald fast auf Null herabgedrückten Krystallgehaltes der Blätter verschiedener Formen von *C. jamaicensis*, worüber ich unter III berichtet habe, herangezogen werden könne.

Was den ersten Punkt betrifft, so gelangte ich, nach verschiedenen vergeblichen Versuchen, mit deren Darlegung ich den Leser nicht ermüden will, dadurch zu einem entsprechenden Resultate, dass ich frische Schnitte von der Oberseite lebender Blätter, an welchen ich unter Deckglas ohne Beifügung irgend eines Mediums bei rascher Beobachtung die kugeligen Körper in den Epidermiszellen wahrnehmen konnte, mit Alkohol behandelte. Diese Behandlung rief in denjenigen Epidermiszellen, deren untere (innere) Wandung nur wenig oder gar nicht von dem Messer verletzt, aber von dem Pallisadengewebe freigemacht war, so dass die Zellen nur wenig oder gar nichts von ihrem Inhalte verloren hatten, dem Alkohol aber einen leichten Zutritt zu ihrem Inneren gewährten, eine starke feinkörnige Trübung des gesammten Inhaltes hervor, während die kugeligen Körper unverändert blieben. Nachträgliches Einwirken von Wasser brachte mit den kugeligen Körpern auch die körnige Trübung zum Verschwinden. Einwirken von oxal-

Digitized by Google

saurem Ammoniak statt Wasser bewirkte ein Grobkörnigwerden des die Trübung bedingenden Niederschlages und eine Umwandlung der kugeligen Körper in hohlkugelige Gebilde durch Hervorrufung eines Niederschlages an ihrer Oberfläche (s. im Vorausgehenden p. 396). Nunmehr folgende Einwirkung von Schwefelsäure brachte die beiderlei Niederschläge zum Verschwinden unter Auftreten einer Gruppe von Gypsnadeln in jeder Zelle. Darnach lässt sich schliessen, dass auch die in den lebenden Zellen schon vorhandenen kugeligen Körper (im Wesentlichen) aus Gyps bestehen; ferner dass in den Zellen noch weitere Gypsmasse in Lösung vorhanden sei, welche eine Vergrösserung der kugeligen Massen beim langsamen Trocknen des Blattes bewirken kann — was der am getrockneten Blatte gemachten, oben (p. 396) berichteten Wahrnehmung entspricht.

Was den zweiten Punkt betrifft, die Frage nach einer etwaigen Vertretung der Gypskrystalle durch eine amorphe Gypsmasse in den (nahezu) krystallfreien Formen von *C. jamaicensis* (Exemplare von Plée und Sieber n. 97), so war es leicht durch successive Behandlung mit oxalsaurem Ammoniak und Schwefelsäure den Nachweis zu erbringen, dass eine solche Vertretung in der That vorhanden sei, indem bei solcher Behandlung in den krystallfreien Zellen eine ebenso grosse Menge von Gypsnadeln zur Ausscheidung gelangte, wie in den krystallführenden.

Bei eben dieser Behandlung zeigte sich ferner, dass auch in den stets krystallfreien Zellen des schwammförmigen Gewebes, sowohl in den Blättern der *C. jamaicensis*, wie in denen der *C. neriifolia* (auf andere Arten wurde die Untersuchung vor der Hand nicht ausgedehnt), reichlich Gyps enthalten sei, welcher an trocken gefertigten, in Alkohol untersuchten Schnitten als amorphe Füllmasse der Zellen sich zu erkennen gibt.

Der oben ausgesprochene Satz, dass nicht

Digitized by Google

so fast die Anwesenheit der Krystalle, als die Anwesenheit des ihre Grundlage bildenden Gypses in den Zellen, namentlich den Epidermiszellen gewisser Capparis-Arten, das Charakteristische für die betreffenden Arten bilde, erscheint damit auch für C. jamaicensis vollkommen bestätigt.

Welches die Umstände sind, unter welchen dieser Gypsgehalt durch Auftreten von Krystallen sich documentirt und wie weit derselbe bei den *Capparis*-Arten verbreitet ist, das sind Fragen, deren Beantwortung erst von zukünftigen Untersuchungen zu erwarten ist. Bezüglich der ersteren mag hier nur das bemerkt sein, dass, wenn überhaupt erst beim Trocknen des Blattes Krystallbildung stattfindet, wohl die Derbheit der Wandungen der Epidermiszellen und ihrer Cuticula dabei eine Rolle spielt, indem die bei grösserer Derbheit verlangsamte Austrocknung der Zellen einer Bildung der Krystalle günstig sein dürfte. Bezüglich der zweiten Frage erinnere ich daran, dass auch bei einzelnen Arten aus anderen Capparideen-Gattungen eine auffällige Ablagerung von Gyps bereits beobachtet ist, als Füllmasse nämlich von Zellgruppen im Blatte, welche durchscheinende Punkte bilden (*Cladostemon paradoxum*, *Tylachium panduriforme*; s. Blenk in Flora 1884, p. 103, Sep.-Abdr. p. 17). Bei anderen Capparideen wieder scheint eine Vertretung des Gypses durch ein in kugeligen Massen abgelagertes pflanzensaures Doppelsalz von Kalk- und Talkerde vorzukommen, worüber die frühere Mittheilung in diesen Sitzungsberichten (1884, p. 117 und 118, nebst Anmerk.) bezüglich *Capparis flexuosa*, *rupestris* und *subcordata* verglichen werden mag.

Zeigte so die wiederholte Untersuchung der Blätter von *C. neriifolia*, dass, wie schon oben hervorgehoben, kein wesentliches Moment dieselbe von der *C. salicifolia* des Pariser Gartens trenne, so ergab diese wiederholte Unter-

Digitized by Google

suchung gegen früher noch ein weiteres Resultat, das eine Versetzung der *C. neriifolia* aus der Section *Breyniastrum* in die Section *Quadrella* befürwortet und das selbst geeignet erscheint, die Selbständigkeit der *C. neriifolia* in Frage zu stellen, für welche vielleicht in ähnlicher Weise, wie ich es schon früher für *C. longifolia* Sw. angedeutet habe, eine Einstellung unter die Formen der *C. jamaicensis* als das Richtigere sich darstellen mag, zu deren Durchführung aber, und zwar für beide Pflanzen, erst das Bekanntwerden der Blüthen wird abzuwarten sein.

Das in Rede stehende weitere Resultat der erneuten Untersuchung besteht in der Auffindung auch von Spicularzellen bei *C. neriifolia*, welche früher bei ihr vermisst worden waren.

Dieselben sind bei ihr nur wenig entwickelt, sowohl was ihre Zahl, als was ihre Ausbildung betrifft.

In Hinsicht ihrer Ausbildung ist hervorzuheben, dass dieselben meist nicht tiefer als die obersten Pallisadenzellen und nie tiefer als die nächstfolgenden, noch zum Pallisadengewebe zählbaren Zellen in das Innere des Blattes sich erstrecken und dass sie stets auch an ihrem oberen, zwischen den Epidermiszellen bis zur Blattoberfläche selbst sich erstreckenden Ende eine verhältnissmässig (d. h. im Verhältniss zu den Spicularzellen der C. jamaicensis) weite Zellhöhlung bei verhältnissmässig geringer Wanddicke besitzen.

In Hinsicht ihrer Zahl ist zu bemerken, dass sie nicht auf jedem Querschnitte des Blattes zu sehen sind, wie das bei C. jamaicensis der Fall ist, ja selbst mitunter nicht an kleinen Flächenschnitten. Daraus erklärt es sich auch, dass sich dieselben früher der Wahrnehmung entziehen konnten. Eben darum ist mir auch der Umstand, dass Vesque dieselben in der Querschnittszeichnung des Blattes von *C. salicifolia* Hort. Par. nicht darstellt, noch kein Beweis für ihr Fehlen bei der Pflanze des Pariser Gartens; wahrscheinlich

Digitized by Google

werden sie auch bei ihr durch ausgedehntere Untersuchung sich nachweisen lassen.

Aus der geschilderten Beschaffenheit des oberen Endes dieser Spicularzellen ergab sich, gleichwie auch für die der nächst verwandten *Capparis*-Arten, die Frage, ob diese Zellen gleicher Natur, wie sonst die Spicularzellen im Blatte verschiedener Gewächse sind, welche sich an die Epidermisplatten nur anzulegen, nicht aber zwischen die Epidermiszellen selbst sich einzudrängen und so auch an der Bildung der Blattoberfläche selbst theilzunehmen pflegen, oder ob dieselben nicht vielmehr als eigenthümlich veränderte Zellen der Epidermis selbst zu betrachten sind, welche sich von der Epidermis aus in das Innere das Blattes fortentwickelt haben, ähnlich, wie nach der Darstellung von O. Bachmann die Trägerzellen der Haare und Schülferchen bei manchen *Croton*-Arten, z. B. *Croton capitatus* Michx. *α. Lindheimeri* Müll. Arg. (sieh dessen Darstellung in Flora 1886, p. 391 — Sep.-Abdruck p. 7 — Tafel VII, Fig. 2, in deren Erklärung die früher von Engelmann und Gray *Pilinophytum Lindheimeri* genannte Pflanze irrthümlich als „*Croton Lindheimeri*" E. Gr. bezeichnet ist, wie auch im Texte p. 94, resp. 11).

Der Umstand, dass die Epidermiszellen bei *C. neriifolia*, wie bei *C. jamaicensis* und *odoratissima*, für welch letztere Art Vesque (wie annähernd auch für *C. jamaicensis*) das Eindringen der Spicularzellen zwischen die Zellen der oberen Epidermis, abweichend von seiner früheren Darstellung (Ann. sc. n. 1882, tab. II, fig. 13, c), nunmehr (Epharm. tab. LXI zum Ausdrucke gebracht hat,[1]) (meist zu sechs) eine sehr

1) Ebenso auch, wie nebenbei bemerkt sein mag, die Trennung der Pallisadenzellen im getrockneten Blatte, durch welche die früher von ihm unberücksichtiget gelassenen durchsichtigen Strichelchen hervorgerufen werden, wie ich sie für diese und gewisse andere *Capparis*-Arten in der mehrfach citirten Abhandlung, Sitzungberichte 1884

Digitized by Google

regelmässige rosettenförmige Gruppirung um die (gewöhnlich sechsseitigen) Spicularzellen-Enden zeigen (unter Abweichung ihrer Gestalt von jener der anderen Epidermiszellen durch Streckung nach dem Radius der Rosette), leistete der Meinung, dass die Spicularzellen selbst auch und gleichzeitig mit den umgebenden Rosettenzellen ihren Ursprung in der Epidermis nehmen, mit anderen Worten, nur eigenthümlich ausgebildete Epidermiszellen sind, wesentlichen Vorschub.

Eine sichere Entscheidung darüber war übrigens nur von der Entwicklungsgeschichte derselben zu erwarten, und da die Pflanze des Münchener Gartens dazu willkommenes Material darbot, so versäumte ich nicht, auf das Studium derselben einzugehen.

Es ergab sich daraus, dass die Spicularzellen hier in der That nichts anderes als eigenthümlich ausgebildete Epidermiszellen sind. Dieses Resultat lässt sich unbedingt auch auf *C. jamaicensis* und die übrigen Arten der Section *Quadrella* übertragen.

Ob das und wie weit das etwa auch für die Spicularzellen der Arten aus anderen Sectionen und aus anderen Gattungen der Cappareen der Fall sei, darüber ist erst besondere Nachforschung anzustellen.

Zur Untersuchung wurden die noch nicht entfalteten, eine duplicative Knospenlage zeigenden jungen Blätter an den Enden der Triebe ausgewählt.

Bei einem solchen Blatte mit nur 1 cm langer Blattspreite zeigten sich an entsprechenden Quer- und Flächenschnitten, welche durch Javelle'sche Lauge aufgehellt wurden, die Epidermiszellen in lebhafter Theilung durch senkrecht

---

(p. 132, 167, 174), und in einer unmittelbar vorausgehenden Abhandlung über *Forchhammeria* (p. 93, 94 etc.) auch für andere Capparideen als characteristisch bezeichnet und näherer Darlegung unterworfen habe.

Digitized by Google

zur Blattfläche, im übrigen aber in verschiedener Richtung stehende Wände begriffen, und an Stelle des Pallisadengewebes fand sich eine Schichte chlorophyllführender, ebenfalls noch in solcher Theilung begriffener, polyedrischer Zellen, deren letzte Theilungsproducte weit grössere Dimensionen parallel der Blattfläche als senkrecht zu ihr und ebenso parallel der Blattfläche 3—4-mal grössere Dimensionen als die in senkrechter Richtung (an Höhe) sie nicht selten um das Doppelte übertreffenden letzten Theilungsproducte der Epidermis zeigten, so dass das spätere Verhältniss zwischen Epidermiszellen und Pallisadengewebe hier gleichsam auf den Kopf gestellt erschien: die Epidermiszellen hatten das Aussehen von Pallisadenzellen im Vergleiche mit den flächenhaft entwickelten, an Stelle des Pallisadengewebes gelegenen inneren Zellen. Solcher chlorophyllführender Zellschichten mit ziemlich ebensolcher Beschaffenheit, nur dass die mittleren aus etwas höheren (also überhaupt grösseren) Zellen bestanden, fanden sich zwischen den beiden Epidermisplatten im Ganzen acht. Von Spicularzellen war noch keine Spur vorhanden; doch zeigte sich in der Epidermis an einer oder der anderen Stelle bereits der Anfang zu einer rosettenförmigen Zellgruppe, in welcher die mittelste Zelle etwas kleiner als die übrigen war und etwas dunkler erschien. In manchen Epidermiszellen, namentlich in der Nähe der Gefässbündel, waren kleine Krystalle, welche im Wasser allmählig einer Corrosion unterlagen, wahrzunehmen; ebenso auch in manchen Zellen des inneren Gewebes.

An einem bis zu 1,8 cm Spreitenlänge herangewachsenen Blatte zeigte sich das Verhalten von Epidermis und nächst unterer Gewebsschichte — Pallisadengewebe — bereits dem des vollentwickelten Blattes annähernd entsprechend. Die Zellen der subepidermalen Gewebsschichte hatten wiederholte Theilung durch senkrecht zur Blattfläche stehende Wände erfahren, die Epidermiszellen aber, unter wenigstens einst-

Digitized by Google

weiliger Einstellung[1]) solcher Theilung, eine beträchliche Dehnung der Fläche nach, unter Gewinnung annähernd regelmässig 5 – 8-seitiger Oberfläche, so dass nunmehr auf eine Epidermiszelle 4 – 6 der unterliegenden, bereits als Pallisadenzellen durch ihre Gestalt gekennzeichneten Zellen trafen. Dabei hatten die Pallisadenzellen an Höhe die Epidermiszellen wenigstens erreicht. Die nach innen vom Pallisadengewebe folgenden Zellschichten des Blattes, deren Zahl die gleiche wie früher geblieben war, zeigten den früheren Charakter und nur stellenweise machte sich bemerkbar, dass auch die an die Pallisadenzellen zunächst angrenzende Schichte sich zu einer Umbildung in Pallisadengewebe anschicke.

In der Flächenansicht zeigte die Epidermis nun schon eine deutliche Differencirung in die künftigen Spicularzellen und die gewöhnlichen Epidermiszellen, welch erstere sowohl durch ihre Stellung in der Mitte je einer der nun schon leicht zu erkennenden rosettenförmigen Zellgruppen, als dadurch hervortraten, dass sie krystallfrei erschienen, während in der Mitte aller übrigen Epidermiszellen ausnahmslos ein Krystall etwas näher an der unteren als an der oberen Wand zu sehen war und zwar in sehr vielen Zellen eine Durchwachsungs-Bildung, welche bei geeigneter Lage die bekannte Figur eines Wirthshaus-Sternes mit 6 Ecken zeigte, (aus zwei mit ihren Seiten sich gleichmässig durchkreuzenden, anscheinend gleichseitigen Dreiecken von gleicher Grösse

1) Dass diese Einstellung noch nicht als definitive zu betrachten ist, geht daraus hervor, dass die Epidermiszellen des ausgewachsenen, circa 14 cm langen Blattes bei ebenfalls annähernd regelmässig polygonaler, 5—8-seitiger Gestalt kaum mehr als den doppelten Durchmesser der Epidermiszellen des noch nicht 2 cm langen Blattes besitzen. Auf die Epidermiszelle des ausgewachsenen Blattes treffen, um ihr Verhältniss zu den Pallisadenzellen zu bezeichnen, 10 bis 15 der letzteren.

Digitized by Google

gebildet), wie sie auch in der Darstellung der Krystalle für *C. odoratissima* bei Vesque zu finden ist (in Ann. sc. n. 1882, tab. 2, fig. 13, a in der nicht voll umgrenzten Zelle rechts und in Epharmos. tab. 61 in der stärker vergrösserten Querschnittszeichnung links, sowie in der Flächendarstellung der Epidermis über dem eine Spicularzelle andeutenden unteren Ende der Figur). Diese Krystalle sind, wie erst nach ihrer Lösung ersichtlich wird, von einem sehr dünnen Häutchen umschlossen. Dass sie, wie die Krystalle in der Epidermis ausgewachsener Blätter, aus Gyps bestehen, dafür spricht ausser einem gelegentlichen Auftreten in Form rhomboidischer Plättchen, ihrer geringen Doppelbrechung und ihrer Löslichkeit in Wasser auch ihr analoges reactives Verhalten bei Behandlung mit oxalsaurem Ammoniak und Chlorbaryum (s. ob. p. 394). Geglüht brausen sie mit Säuren nicht auf.

Bei sehr hoher Einstellung erschien die Epidermis an den die Spicularzellen enthaltenden Stellen wie durchlöchert, und die Spicularzellen zeigten sich, auch wenn eine Verdickung ihrer Wandung noch nicht, wie es bei manchen allerdings schon der Fall war, sich wahrnehmen liess, dunkler umrahmt als die Epidermiszellen. Bei tiefer, bis auf die Berührungsfläche von Epidermiszellen und Pallisadenzellen herabgerückter Einstellung zeigte sich an diesen Stellen ein annähernd kreisförmiger, bis unter die Mitte der benachbarten Epidermiszellen ausgedehnter Raum, in welchem keine Pallisadenzellen zu sehen waren. Erst bei noch weiterem Herabgehen mit der Focalebene traten die Pallisadenzellen unter diesem Raume von dessen Rand gegen die Mitte zu allmählich in Erscheinung. Der Querschnitt gab über dieses Verhalten entsprechenden Aufschluss. Es zeigten sich an solchen Stellen die betreffenden, offenbar in Spicularzellen sich umbildenden Epidermiszellen auf Kosten ihrer Nachbarzellen nach unten allmälig und allseitig erweitert, derart, dass ihre im Durchschnitte erscheinenden Seitenwandungen

Digitized by Google

nach unten divergirende Bögen mit gegen das Zellinnere gewandter Convexität bildeten, und dass die untere (innere) Zellwandung kuppenförmig gegen das Pallisadengewebe vorgewölbt war, mit einer der Kuppe in der Mitte aufgesetzten Spitze, welche sich zwischen die sie berührenden Pallisadenzellen eindrängte. An anderen solchen Zellen war diese Spitze unter entsprechender Erweiterung zwischen den jungen Pallisadenzellen schon bis auf die zweit innere, ebenfalls in pallisadenartiges Gewebe sich umwandelnde Zellschicht vorgedrungen, bald in gerader Richtung, bald über eine oder die andere Pallisadenzelle sich zur Seite und dann erst wieder nach innen wendend, so dass in diesen Zellen deutlich die künftigen Spicularzellen sich zu erkennen gaben, von denen die vorgeschrittensten auch schon ihre Wandung zu verdicken begannen, während die jüngeren derselben, abgesehen von der verschieden weit vorgerückten Veränderung ihrer Gestalt unterhalb der Mittelebene der Epidermis und abgesehen von dem Fehlen der Krystalle in ihnen, in nichts sich von den benachbarten Zellen der Epidermis unterschieden, an deren Constituirung sie mit eben diesen Nachbarzellen gleichen Antheil hatten. Kurz, es handelte sich hier auf das deutlichste um ein Einwachsen der farblosen Epidermiszellen zwischen die grünen Pallisadenzellen und nicht um ein Vordrängen dieser zwischen jene, so dass über die epidermoidale Natur der Spicularzellen kein Zweifel mehr übrig blieb.

Es war nur noch die Frage zu bereinigen, ob diese Zellen von Anfang an sich dadurch von ihren Nachbarzellen unterscheiden, dass sie krystallfrei sind, oder welches Moment sonst sie zuerst als künftige Spicularzellen sicher erkennen lassen mag.

Ein junges Blatt mit kaum 1 cm langer Spreite, welches sich aber in seinem unteren Theile bereits zu entfalten begonnen hatte, was meist erst bei auf 3 und 4 cm Spreiten-

Digitized by Google

länge herangewachsenen Blättern der Fall zu sein pflegt, gab darüber den erwünschten Aufschluss.

In seiner unteren Hälfte zeigte dasselbe ganz die Verhältnisse, wie sie eben für das 1,8 cm lange Blatt geschildert worden sind. In seiner oberen Hälfte aber fanden sich bis nahe zur Spitze hin in allmäliger Abstufung alle nur wünschenswerthen jüngeren Entwicklungszustände der epidermoidalen Spicularzellen, während endlich an der Spitze selbst, obwohl dort das Pallisadengewebe ebenfalls schon in demselben Grade, wie vorhin beschrieben worden ist, zur Ausbildung gelangt war, irgend eine Differenzirung in der Epidermis selbst noch nicht Platz gegriffen hatte.

Die jüngsten, als künftige Spicularzellen erkennbaren Epidermiszellen nun zeigten hier, wie letztere, ebenfalls einen Krystall in ihrem Inneren, und alles, was als Unterschied zwischen ihnen und gewöhnlichen Epidermiszellen sich wahrnehmen liess, beschränkte sich darauf, dass der Krystall in ihnen etwas tiefer lag, als bei den Nachbarzellen, und dass diese in einer geringen Mehr-Streckung der auf die Ecken der Spicularzellen zulaufenden Randlinien ihrer Aussenfläche (im Vergleiche mit deren übrigen Rändern) eben zur Bildung einer rosettenförmigen Zellgruppe den ersten Anlauf genommen hatten. Zugleich liess sich bei tieferer Einstellung erkennen, dass die künftigen Spicularzellen in ihrer unteren Hälfte bereits sich zu erweitern und gegen das Pallisadengewebe hervorzuwölben begonnen hatten. Diese gleichzeitig stattfindende Erweiterung und Vertiefung — mit einem Worte Vergrösserung — in ihrem unteren Theile, während das Flächenwachsthum in ihrem oberen Theile nunmehr hinter dem der Epidermiszellen zurückbleibt, bildet den ersten Schritt in der Umbildung der betreffenden Epidermiszellen in die Spicularzellen. Man mag sich vorstellen, dass der dabei auf den Kreis der Nachbarzellen ausgeübte Druck diese zu centrifugalem Wachsthum und damit

Digitized by Google

zur Umgestaltung in eine Zellrosette veranlasst, während dieselben gleichzeitig einen Gegendruck in ihrer oberen Hälfte ausüben, der sich in einer allmählig zunehmenden Convexität des oberen Theiles ihrer der Spicularzelle zugekehrten und damit verwachsenen Seitenwandungen und der ebenso gelegenen Randlinien ihrer Aussenflächen ausspricht und das Tieferrücken des Krystalles unter die Lagerungsebene in den übrigen Epidermiszellen zu bedingen scheint. Diese beiden Verhältnisse bilden nur, so zu sagen, den äusseren leicht sichtbaren Ausschlag der wesentlicheren Veränderungen, welche in der weniger leicht dem Auge (an Flächenschnitten) zugänglichen Tiefe der in die Spicularzelle sich umwandelnden Epidermiszelle vor sich gehen. —

Fasse ich nun die aus der erneuten Untersuchung von *C. neriifolia* gewonnenen Resultate zusammen, so ergibt sich für's Erste, dass kaum ein wesentlicher Unterschied zwischen *C. neriifolia* m. und *C. salicifolia* Hort. Paris. bestehen dürfte und dass somit auch über diese Pflanze Vesque's entsprechende Klarheit gewonnen sein möchte.

Weiter ergibt sich die Nothwendigkeit, die *C. neriifolia*, auch wenn man sie vor der Hand als besondere Art, ähnlich wie die gleichfalls wahrscheinlich nur eine Form der *C. jamaicensis* darstellende *C. longifolia* Sw. (sieh Sitzungsberichte 1884, p. 177—178) bestehen lassen will, aus der Section *Breyniastrum*, in welche sie früher besonders mit Rücksicht auf das anscheinende Fehlen von Spicularzellen eingereiht worden war (Sitzungsberichte 1884, p. 170) zu entfernen und dafür in die Section *Quadrella* zu versetzen. Mit den Arten dieser Section theilt sie ja auch, wie (nach den nunmehr gewonnenen Resultaten) den gelegentlich in Krystallen hervortretenden Gypsgehalt und die Spicularzellen, so auch (wie schon früher bemerkt, s. Sitzungsb. 1884, p. 170) die wellig-wulstige Streifung der Cuticula an der unteren Blattseite, welches Moment nunmehr ganz

Digitized by Google

entgegengesetzt dem früher überschätzten Auftreten von Krystallen in der Epidermis, wie schon am Schlusse von IV bemerkt, sich als von weit höherem Werthe, als früher angenommen worden war, darstellt und sich geradezu als Sectionscharakter verwerthbar erweist.

Dem entsprechend sind die Charakteristiken der beiden Sectionen *Quadrella* und *Breyniastrum* gegen früher einer Veränderung zu unterziehen.

Um diese Aenderung auszuführen und im Zusammenhang damit auch das, was sich sonst nach der gegenwärtigen Mittheilung in meiner früheren Darlegung über die Arten dieser beiden Sectionen zu ändern hat, in entsprechender Uebersicht dem Leser vor Augen zu führen, mag diese Darlegung selbst hier in neuer Gestalt wiedergegeben sein.

I. Sectio Quadrella. Sepala 1-seriata, ampla, aestivatione valvata; disci processus liguliformes; bacca siliquiformis; ramuli lepidoti; folia vernatione duplicativa, subtus lepidibus plerumque squamula centro insidente auctis induta, supra glaberrima, cellulis sclerenchymaticis, quas dicunt „spiculares", plerumque crebris (in C. neriifolia raris) a pagina superiore versus inferiorem percursa, sicca plerumque diachymatis rupturis plus minus crebre pellucide lineolata, epidermide gypsi crystallis (interdum raris) foeta, paginae inferioris stomatophora undulato-striata; stipulae nullae.

1. Capparis isthmensis Eichl. (Flor. Bras. XIII, 1, 1865, p. 269!): Folia oblonga, modo longius, modo brevissime acuminata, subcoriacea, pallide viridia, supra opaca, cuticula subtiliter granulata, attamen tactu laevia; cellulae spiculares minus crassae, geniculato-flexuosae, a pagina folii superiore usque ad inferiorem protrusae, dein ramificatae, ramis epidermidi inferiori applicitis; lineolae pellucidae rariores; alabastra ovoideo-pyramidalia, quadriquetra, acuminata, maxima, 1,5 cm longa, 0,8 cm lata; sepala extus lepidota, intus pilis fasci-

Digitized by Google

culato-stellatis tomentosa; petala extus ad lineam medianam lepidota, caeterum glabra; torus conicus; stamina petalis pluries longiora, inferne fasciculato-pilosa, basi incrassata, cc. 50; bacca longissima, moniliformi-torulosa, lepidota, stipite elongato glabro nec nisi ima basi fasciculato-pilosa.

In America centrali: C. Hoffmann n. 755! (Costarica, Aguacate, fruct.; Hb. Berol.); Warszewicz n. 217! (Costarica et Veraguas, flor.; specim. fol. brev. acumin.; Hb. Ber.).

2. Capparis jamaicensis Jacq. (Amer., 1763, p. 160, tab. 101; Willd. Sp. Pl. II, 1799, p. 1135; Griseb. Flor. Brit. W. Ind. Isl., 1859, p. 18!, excl. exclud.; Eichler l. c. p. 270!, emend. obs. de Breynia n. 1 P. Browne. — Breynia n. 1 P. Browne Jam., 1756, p. 246, tab. 27, fig. 1, excl. syn. „Pluk. tab. 172, fig. 4", incl. vero „tab. 221, fig. 1". — Breynia n. 2 P. Browne ibid. p. 246, excl. syn. „Pluk. tab. 327, fig. 6" ad. C. longifoliam Sw. spect. — Capparis siliquosa L. Sp. Pl. Ed. II, 1762, p. 721 excl. syn. „Pluk. tab. 327, fig. 6" ad. C. longifol. Sw. spect. — Capparis torulosa Sw. Prodr., 1788, p. 81; Sw. Observ., 1791, p. 211; Sw. Fl. Ind. occ. II, 1800, p. 932! — Capparis Breynia Sw., non alior., Observ. 1791, p. 210! — Capparis Breynia var. = C. siliquosa L. excl. syn. Pluk. Sw. ibid. p. 211. — Capparis Breynia Herb. Juss. ed. Triana & Planch. in Ann. Scienc. nat., s. 4, t. XVII, 1862, p. 86. — Capparis ferruginea, non L., Willd. Herb., nec. Sp. nisi quoad specimina indicata sicca, n. 10047, partim, nempe quoad plagulam 2, specimen ab Isert in St. Cruz lect.! — Capparis intermedia, non Kunth, Sieber Flor. Trinit. n. 97! circa ann. 1825 edit.; Eichler in Flor. Bras. XIII, 1, 1865, p. 270, quoad plant. Sieberian.! — Capparis emarginata A. Rich. Flor. Cub., 1845, p. 78, tab. 9. — Capparis anceps Shuttl., cf. Vesque in Ann. Scienc. nat., s. 6, t. XIII, 1882, p. 116): Folia plerumque subovalia (cf. formas 1—4), coriacea, siccitate flavescentia,

Digitized by Google

supra nitida, laevia, attamen nervis lateralibus interdum prominulis; cellulae spiculares crassae, breviusculae, raro epidermidem inferiorem attingentes; lineolae pellucidae plerumque creberrimae; alabastra ovata, quadriquetra vel denique tumida, acuta, mediocria, 7—9 mm longa, 5—6 mm lata; sepala extus lepidota, intus pilis fasciculato-stellatis tomentosa; petala extus praeter marginem lepidota, intus glabra; torus conicus; stamina petalis pluries longiora, inferne fasciculato-pilosa, basi incrassata, cc. 30—40; bacca longa, nunc torosa, nunc cylindrica, lepidota, stipite elongato glabro; embryo oleosus, nec vero amylo carens, cf. Sitzungsb. 1884, p. 88.

Formas discernere licet sequentes:

Forma 1. emarginata (Griseb. Flor. Brit. W. Ind. Isl., 1859, p. 18!): Folia ovali-oblonga, apice emarginata.

Forma 2. siliquosa (Griseb. l. c.!): Folia ovali-lanceolata, utrinque acuta.

Forma 3. obovata: Folia obovata, basi subcuneata.

Forma 4. ovata: Folia ovata, apice acuta.

Forma 5. sublanceolata: Folia oblongo-lanceolata, utrinque acuta.

(Forma 6. neriifolia? Folia anguste lanceolata. Cf. speciem n. 3.)

(Forma 7. longifolia? Folia sublinearia. Cf. speciem n. 4.)

In insulis antillanis nec non in Florida: Forma 1: Browne (fid. ic. cit., Jamaica); Jacquin (fid. ic. cit., Jamaica); Ramon de la Sagra (fid. ic. cit. Fl. Cub., Cuba, 1823—35); Moritz n. 51! 192! (Portorico, St. Thomas; Hb. Ber.); Macfadyen? n. 42! (Jamaica? Barbados?; forma carpophoro brevi, 1 cm vix excedente, cf. Sitzungsb. 1884, p. 159; Hb. Griseb.); Cabanis! (Florida; Hb. Ber.); R. C. Alexander! (Jamaica, m. Maj. 1850, flor.; Hb. Griseb.); Shuttleworth! (Florida ca. 1845? „Capp. anceps"); C. Wright n. 1870! (Cuba, 1860—64; Hb. Griseb.), Curtiss n. 204!

Digitized by Google

(Florida; Hb. Ber.. Monac.). — Forma 2: Browne (fid. descr. cit. n. 2, Jamaica); Swartz! (Jamaica; specim. florig. „C. Breynia" inscr. et specim. sterile ad. C. torulos. recensend.; Hb. Monac.); Lect. ignot.! (St. Thomas; ex Mus. Par. c. Kunth. comm. ao. 1820, Hb. Ber.); Princeps Paul de Würtemberg n. 303! (S. Domingo, ad littora maris prope Miragoane m. Jun. flor., m. Dec. fruct.; Hb. Monac.); Wullschlaegel n. 16! (Antigua, Gracebay, ao. 1849; Hb. Griseb., Monac.); Duchassaing! (Guadeloupe; Hb. Griseb.). — March n. 1528! (Jamaica; Hb. Griseb.). — Forma 3: Isert! (Santa Cruz; Hb. Willd. n. 10047, plag. 2, sub nom. „C. ferruginea"); Humb. & Bonpl.?! (c. cit. „Browne tab. 27, f. 1", ex Hb. Bonpl. c. Kunth comm., Hb. Ber.; cf. Sitzungsb. 1884, p. 153); C. Ehrenberg n. 267! (St. Thomas; Hb. Ber.). Mayerhoff! (S. Domingo, ao. 1859; Hb. Ber.). — Forma 4: C. Ehrenberg! (S. Domingo, Hb. Ber.); R C. Alexander! (Jamaica; Hb. Griseb.). — Forma 5: Coll. Sieber n. 97! (Trinidad, „C intermedia"; Hb. Ber., Monac.). — (Forma 6?, 7?: Cf. species seqq.). — Accedunt specimina nonnulla a Griseb. l. c. enumerata, mihi ignota.

3. Capparis neriifolia m. (Sitzungsb. 1884, p. 169, 180. — ?C. salicifolia Hort. Par. ed. Vesque in Epharmos. tab. 71 n. 79): Folia anguste lanceolata, acutissima, margine subrevoluta, subcoriacea, saturate viridia, exsiccata flavescenti-viridia, supra glaberrima, nitidula, venis prominulis reticulata rugulosaque nec laevia, attamen cuticula laevi; cellulae spiculares rarioses, teneriores, breves; epidermis rarius crystallophora; flores fructusque ignoti.

Patria ignota. Culta in Horto Monacensi (eademque? in Horto Parisiensi sub nomine indicato „C. salicifolia").

Obs. Anne forma tantum Capparidis jamaicensis Jacq.?

4. Capparis longifolia Sw. (Prodr., 1788, p. 81; Observ., 1791, p. 211; Flor. Ind. occ. II, 1800, p. 934 c. syn. „Pluk. p. 328, planta 13, tab. 327, f. 6"; DC. Prodr. I,

Digitized by Google

1824, p. 253; Eichler l c. p. 271!, in sectione „Breyniastrum". — Capparis cynophallophora L. var. saligna Griseb. Flor. Brit. W. Ind. Isl., 1859, p. 18, quoad syn. Swartz.): Folia lineari-lanceolata vel linearia, sicca minus insigniter pellucide lineolata, caeterum ut in C. jamaicensi; flores fructusque ignoti.

In insulis antillanis: Collector ignotus (Barbados, t. Plukenet); Swartz (Jamaica); Wullschlaegel n. 17! (Antigua, foliis linearibus; Hb. Monac.); C. Ehrenberg n. 267! (St. Thomas, foliis linearibus nec non lineari-lanceolatis; Herb. Ber.).

Obs. Anne forma, anne rami steriles tantum Capparidis jamaicensis Jacq.?

5. Capparis odoratissima Jacq. (Hort. Schoenbrunn. I, 1797, p. 57, tab. 110; Willd. Sp. Pl. II, 1799. p. 1135, Hb. Willd. n. 10048!; DC. Prodr. I, 1824, p. 251; Triana & Planch. in Ann. Scienc. nat., s. 4, t. XVII, 1862. p. 85, excl. solummodo syn. „C. Breynia Sw." ad. C. jamaic. recensend.; Eichler l. c. p. 270!; Hemsley in Biolog. Centr.-Amer., Bot. I. 1879—81, p. 44; Vesque l. c. p. 112! — Capparis ferruginea, non „L.", Willd. Sp. Pl. II, 1799, p. 1135 et 1136 in obs. ad. C. odor., solummodo quoad specimina indicata sicca, Herb. Willd. 10047, partim, nempe plagula 1, specimina a Humb. et. Bonpl. ad Cumana lecta, coll. n. 39, fructig., et 38 partim, sine fl. et fruct.! — Capparis Breynia, non „Sw." nec. Jacq., Kunth Nov. Gen. et Sp. V, 1821, p. 97 excl. syn. „C. Breynia Sw." ad C. jamaic. recens., specimen florig. a Humb. et Bonpl. ad Cumana lect., in Mus. Par. servat. t. Tr. & Pl. l. c. p. 84. — Capparis intermedia, non Sieb. etc., Kunth Nov. Gen. et Sp. V. 1821, p. 98, specim. fructig. a Humb. et Bonpl. ad Cumana lect., in Mus. Par. servat., coll. n. 39!; DC. Prodr. I, 1824, p. 252!; Eichler l. c. p. 270!, partim. — Capparis olivaeformis DC. mss. ed. Kunth l. c.! — Capparis

Digitized by Google

torulosa, non „Sw.“, cfr. C. jamaic. J., Griseb. „forma siliqua brevissime stipitata“ in Novit. Flor. Panam., Bonplandia VI, 1858, p. 2., specimen a Duchassaing lect., in Hb. Griseb. servat.! — Capparis jamaicensis, non Jacq., Griseb. Fl. Brit. W. Ind. Isl., 1859, p. 18, quoad syn. „C. intermedia Kunth“ et patriae indication. „Venezuela“ syn. illud nec non coll. Fendler n. 2274 fid. Hb. Griseb. spect.! — Nomen vulgare: Olivo, teste Bonpland in Hb. Willd. n. 10047, cf. Sitzungsb. 1884, p. 142 et supra p. 386): Folia ovali-oblonga, coriacea, siccitate glauco-viridia vel fusco-flavescentia, supra nitida, laevissima; lepides e cellulis angustioribus exstructae, squamula accessoria quam in aliis speciebus magis rotundata auctae; cellulae spiculares crebrae, graciliores, per totum diachyma protrusae, deorsum aliae et aliae convergentes, epidermidem inferiorem plerumque attingentes (cf. Vesque, Ann. Scienc. nat., s. 6, t. XIII, tab. 2, fig. 13, c); lineolae pellucidae plerumque sat crebrae; alabastra subglobosa, minora, diametro 4 mm; sepala extus lepidibus validioribus quasi loricata, intus tomentella; petala extus praeter marginem lepidota, intus glabra; torus in columnam brevem apice dilatato staminigeram elevatus; stamina petalis vix longiora, basi clavata pilosa, cc. 30; bacca brevior, subcylindrica vel torulosa, lepidota, basi saepius angustata, in stipitem brevissimum vel vix ullum lepidotum continuata.

In Americae meridionalis ora caribaea usque ad isthmum Panamensem, nec non in insula adjacente Trinidad: Jacquin? (Caracas, culta in Hort. Vindob., m. Mart. et April. flor.); idem? (Herb. Willd. n. 10048! specimen cultum? sine fl. et fruct.); Humb. et Bonpl.! (Cumana, m. Sept., florig. „C. Breynia K.“; fructig. coll, n. 39! „C. intermedia K.“ et „C. ferrug.“ Hb. Willd. n. 10047, plag. 1 nec non Hb. Kunth, adjectis specimin. steril. coll. n. 38 partim!); Moritz n. 481! (Columbia, La Guayra; Hb. Ber.); E. Otto n. 540! (Venezuela, m. Febr. 1840, flor.; Hb. Ber.);

Digitized by Google

Karsten! (Columbia: Hb. Ber.): Duchassaing! (Panama, ao. 1850: Hb. Griseb. „C. torulos. var.“): Gollmer! (Caracas, m. Maj. 1853. flor.: Hb. Ber.); Fendler n. 2274! (prope coloniam Tovar, ao. 1853 – 54; Hb. Griseb. „C. jamaic.“); Crüger n. 303! (Trinidad, Chacachacau, si recte lego, m. Oct. 1861, flor.; Hb. Griseb. „C. jamaic.“). Accedunt specimina nonnulla a Tr. & Planch. nec non a Hemsley ll. cc. enumerata, mihi ignota, praesertim centrali-americana: Friedrichsthal (Guatemala); Endres n. 222 (Costarica); Sutton-Hayes n. 685 (Panama, Taboga).

II. Sectio Breyniastrum. Sepala 1-seriata, minuta, aestivatione aperta: disci processus liguliformes: bacca siliquiformis; ramuli lepidoti: folia vernatione duplicativa, subtus lepidibus plerumque squamula centro insidente auctis induta, insuper pilis fasciculato-stellatis supra subtusque obsita, nullis nec cellulis spicularibus nec lineolis pellucidis instructa, epidermide utraque crystallophora laevi, paginae inferioris in cryptis stomatophora: stipulae nullae.

1. Capparis Breynia Jacq. (Amer., 1763, p. 161, tab. 103; Linn. Sp. Ed. II, Vol. 1, p. 271, partim, ao. 1762, cf. Sitzungsb. 1884, p. 162 in annot.: Willd. Sp. Pl. II, 1799, p. 1138, partim, Hb. Willd. n. 10062!; DC. Prodr. I, 1824, p. 252, partim; Triana et Planchon in Ann. Scienc. nat., s. 4, t. XVII, 1862, p. 80; Eichler l. c. p. 271!, emend. obs. de Breynia n. 3 P. Browne; non Sw., cfr. C. jamaic., nec Kunth, cfr. C. odor. – Breynia n. 3 P. Browne Jam., 1756, p. 246, tab. 27, fig. 2. — Capparis amygdalina Lam. Encycl. I, 1783, p. 608 excl. exclud.; Kunth Nov. Gen. et Sp. V, 1821, p. 96!; DC. Prodr. I, 1824, p. 250 emend. obs. de syn Jacq., c. var. *β.* umbellata a Humb. et Bonpl. lecta!; Griseb. Flor. Brit. W. Ind. Isl., 1859, p. 17; Hemsley in Biologia Centr.-Amer., Bot. I, 1879—81, p. 43. — Capparis barcellonensis Kunth Nov. Gen. et Sp. V, 1821, p. 97! — Capparis ferruginea, non L., Sieb.

Digitized by Google

Flor. Martinic. n. 139! ann. 1822 edit. — ? Capparis intermedia, non Kunth, Eichler l. c. p. 270, quoad specimen Perottetianum, cf. Sitzungsb. 1884, p. 155 sq. — ? Capparis Lindeniana, cf. Vesque in Ann. Sc. n., s. 6, t. XIII, 1882, p. 111 in syn. — Nomen vulgare: Olivo criollo, uti nomen „Olivo crioyo" schedae Bonplandianae in Hb. Willd. n. 10062 servatae rectius intelligendum, i. e. Olea indigena; cf. supra p. 387): Folia sublanceolata, chartacea, siccitate livescentia, supra pilis fasciculato-stellatis induta, mox decalvata, nitidula, venis prominulis minus laevia, subtus lepidota nec non in cryptis stomatophoris pilis fasciculato-stellatis brevibus obsita, lepidibus ostiolum cryptarum angustatum obtegentibus (cf. Vesque l. c. tab. 2, fig. 10), epidermide utrinque laevi crystallophora; alabastra juvenilia sepalorum apicibus obtecta parva, 2 mm vix aequantia, denique petalis accretis 9—10 mm longa, 5 mm lata, ellipsoidea; sepala extus lepidota, intus tomentosa; petala extus pilis stellatis in lepides transeuntibus, intus pilis fasciculato-stellatis tomentosa; torus in columnam brevem apice dilatato staminigeram elevatus; stamina petalis plus duplo longiora, inferne dilatata et fasciculato-pilosa; bacca longa, lepidota, subcylindrica vel moniliformi-torulosa, stipite elongato lepidibus in pilos stellatos transeuntibus induto, denique plus minus glabrato.

In insulis antillanis et in Continente vicina Americae meridionalis centralisque nec non in Mexico: Browne (fid. ic. cit., Jamaica), Jacquin (fid. ic. cit., in Caribaeis et in Continente vicina); Humb. et Bonpl.! (Cumana, m. Sept. florig. „C. amygd.", „var. β. umbell. DC."! Hb. Kunth, resp. Berol.; n. 38 partim, Nova-Barcellona, m. Sept., flor., „C. barcellon. K."! Hb. Kunth, Hb. Par., „C. Breynia" Hb. Willd. n. 10062, plag. 2!); Humb. et Bonpl.! (Campeche, fruct.; Hb. Kunth); Collector ignotus! (Portorico; ao. 1820 ex. Mus. Par. c. Kunth comm.); coll. Sieber n. 139!

Digitized by Google

(Martinica, „C. ferrug.“; Hb. Ber., Monac.); Billberg! (Carthagena de Columbia; Hb. Ber.); C. Ehrenberg n. 266! (St. Thomas; Hb. Ber.); Wullschlaegel n. 15! (Antigua; Hb. Griseb., Monac.); Duchassaing! (Guadeloupe; Hb. Griseb.); Gollmer! (Caracas m. Maj. 1853, flor.; Hb. Ber.); Fendler n. 2273! (prope coloniam Tovar, 1854—55, 1856—57; Hb. Griseb.); C. Wright! (Nicaragua, 1853—56, U. S. North. Pacif. Expl. Exped.; Hb. Griseb.); Hahn n. 809! (Martinica, 1866—67; Hb. Ber.) Culta in Hort. Berol.! (Hb. Willd. n. 10062, plag. 1). Accedunt specimina nonnulla a Griseb., Tr. & Planch., Hemsley et Vesque ll. cc. enumerata, mihi ignota, unum in America aequatoriali lectum a de Grosourdy (cf. Vesque), reliqua praesertim mexicana: Galeotti n. 7196; Liebmann (Oaxaca); Linden n. 999 (Campeche).

Soll ich in Kürze zusammenfassen, was über die 5 in den Bemerkungen Vesque's erwähnten *Capparis*-Arten in dem Vorausgehenden beigebracht ist, so ist das Folgendes:

1. Die bei Vesque als *Capparis Volkameriae* DC. bezeichnete Art ist *C. Zeyheri* Turcz. (coll. Zeyher n. 1915), *C. Volkameriae* DC. selbst aber nichts anderes als ein von Burman als *Volkameria capensis* bezeichnetes und desshalb auch von De Candolle für eine Cappflanze genommenes Exemplar der indischen *C. horrida* L f. aus dem Hb. Burman im Hb. Delessert. Die auf *C. Volkameriae* DC. von Harvey und Sonder bezogene Pflanze aus der Sammlung von Ecklon und Zeyher, n. 108, ist kaum zweifelhaft übereinstimmend mit n. 569 der englischen Ausgabe dieser Sammlung und darnach ebenfalls nichts anderes als *C. Zeyheri* Turcz.

2. Für *Capparis flexuosa* Vell. ist, wie ich schon früher urgirte, und wie nun auch Vesque gethan hat, der Name *C. Arrabidae* Steud. in Gebrauch zu nehmen, falls nicht

Digitized by Google

die Art zusammenfällt mit *C. elegans* Mart., wie in der Flora brasil. XIII, 1 (1865) p. 280 vermuthungsweise ausgesprochen ist.

Eine bei dieser Gelegenheit wiederholt zur Sprache gebrachte, bisher fast allerwärts übergangene *Labatia conica* Vell. ist als *Ilex conica* zu bezeichnen.

3. *Capparis anceps* Shuttlew. aus Florida ist, wie ich schon früher zeigte und womit sich Vesque nun als einverstanden erklärt, zu *C. jamaicensis* Jacq. zu rechnen, und zwar zu Forma 1: *emarginata* Griseb.

Die früher zweifelhaft gebliebene, als *C. jamaicensis* von Vesque aufgeführte Pflanze, welche nun als von Plée auf Martinique gesammelt zu bezeichnen ist, gehört zu einer anderen Form dieser Art, nämlich zu Forma 5: *sublanceolata* m. Sie unterscheidet sich durch eine zwar reichlich Gyps enthaltende, denselben aber nicht in Form von Krystallen bergende Epidermis. Das Auftreten oder Fehlen solcher Krystalle ist demnach für die Capparideen nicht von specifischem Werthe; wichtig aber ohne Zweifel das Vorkommen des Gypses. Die von Vesque für Haarnarben an der oberen Blattseite gehaltenen Stellen sind auch bei dieser Pflanze, wie bei den übrigen Arten der Section *Quadrella*, nichts anderes als die oberen Endigungen von Spicularzellen. Eigenthümliche Belegzellen der Gefässbündel mit gelblichem Inhalte, welche bei verschiedenen Exemplaren von *C. jamaicensis* zur Beobachtung gekommen sind, bedürfen rücksichtlich ihrer Natur und Verbreitung, sowie in Hinsicht ihres Verhältnisses zu ähnlichen Zellen bei anderen Capparideen und zu den Eiweissschläuchen Heinricher's erst noch näherer Untersuchung.

Wie nebenbei erwähnt, hat der schon früher nach Bonpland mss. für *C. Breynia* Jacq. angeführte Name Olivo crioyo, richtiger Olivo criollo, die Bedeutung „kreolischer", d. h. „americanischer Oelbaum".

Digitized by Google

4. Die als *C. oxysepala* Wright aus Nicaragua von Vesque aufgeführte Pflanze scheint in der That diese Art zu sein, jedoch abgesehen von den für sie beschriebenen und gezeichneten Schülferchen, welche von einer anderen Pflanze durch irgend eine Verwechslung hieher übertragen zu sein scheinen. Schülferchen sind in der Gattung *Capparis* bisher überhaupt nur bei den Arten der Sectionen *Quadrella* und *Breyniastrum* bekannt, und zwar als sogenannte Doppelschülferchen ausgebildet und nur auf der Unterseite der Blätter vorkommend. *C. angustifolia* Kunth (aus der Abtheilung *Colicodendron*) bildet hiefür keine Ausnahme, da das, was Vesque bei ihr als Schülferchen bezeichnet hat, nach seiner eigenen Zeichnung (Epharmos. tab. 62, 63) nur Sternhaare sind.

Was die übrigen Gattungen der *Cappareen* betrifft, so sind Doppelschülferchen noch bekannt bei *Atamisquea* (*A. emarginata* Miers) und *Morisonia* (*M. americana* L. und *Imrayi* Griseb.). Den Doppelschülferchen analoge Sternhaare besitzen *Steriphoma paradoxum* Endl. und *peruvianum* Benth., sowie *Cadaba heterotricha* Stocks.

5. Die von Vesque früher nur dem Namen nach erwähnte, jetzt nach einer lebenden Pflanze des Pariser Gartens näher berücksichtigte und als *Capparis salicifolia* Hort. Paris bezeichnete Pflanze scheint identisch zu sein mit der nach einer lebenden Pflanze des Münchner Gartens aufgestellten *C. neriifolia* Radlk., für die es sich nunmehr als fraglich herausstellt, ob sie nicht etwa bloss als eine Forma 6: *neriifolia* im Anschlusse an die Forma 5: *sublanceolata* (wie vielleicht auch die *C. longifolia* Sw. als Forma 7: *longifolia*) bei *C. jamaicensis* ihren Platz zu finden habe. Jedenfalls ist sie nicht, wie früher geschehen, der Sectio *Breyniastrum*, sondern der Sectio *Quadrella* einzureihen. Die obere Epidermis der getrockneten Blätter ist bei ihr bald mit Gypskrystallen versehen, bald mit kugeligen Körpern (aus Gyps

Digitized by Google

oder doch gypsreicher Substanz). Letztere sind meist auch im lebenden Blatte schon zu finden; erstere selten. Nur bei sehr jungen Blättern zeigt sich auch an der lebenden Pflanze in jeder Zelle der oberen Epidermis eine in Wasser lösliche Krystallablagerung, meist eine Durchwachsungsbildung (wohl ebenfalls von Gyps), von einem sehr zarten Häutchen umschlossen. Die Epidermis an der unteren Blattseite ist, was nunmehr als ein auszeichnender Charakter der Section *Quadrella* erscheint, wellig-wulstig gestreift. Die erst jetzt im Blatte aufgefundenen Spicularzellen sind, wie auch bei den anderen Arten dieser Section, bei welchen allen sie mit ihrem oberen Ende zwischen den Zellen der Epidermis liegen, als veränderte Epidermiszellen zu betrachten, wie aus ihrer Entwicklungsgeschichte sich ergeben hat. Auch in den Zellen des schwammförmigen Gewebes lässt sich im Blatte (wie auch bei *C. jamaicensis*) durch oxalsaures Ammoniak und darauffolgende Einwirkung von Schwefelsäure leicht reichlicher Gypsgehalt nachweisen.

Was die Veränderungen in Vesque's neuer Arbeit betrifft, welche sich auf andere als die im Vorausgehenden betrachteten 5 Pflanzen beziehen, so ist nunmehr, meiner Bemerkung auf p. 137 der Sitzungsberichte von 1884 entsprechend, *Capparis undulata* Zeyher, welche als Synonym zu *Niebuhria undulata* Zeyher, resp. *Niebuhria pedunculosa* Hochst. gehört, nicht mehr, wie früher, neben dieser auch noch als *Capparis*-Art behandelt und aufgeführt.

Eine Reihe anderer synonymischer *Capparis*-Arten, welche Vesque auf den Tafeln selbst auch, wie schon früher, nur als Synonyma behandelt hat, sind im Register wie selbständige, den übrigen gleichwerthige Arten aufgeführt. Es sind das: *Capparis sicula* Guss. (tab. 27). *C. obovata* Royle (tab. 27), *C. erioclada* Boiss. (tab. 28) und *C. leucophylla* DC.

Digitized by Google

(tab. 28), welche zu *C. spinosa* L. (tab. 26, 27) gehören; ferner *C. terniflora* DC. (tab. 39), wie schon oben p. 372 erwähnt, zu *C. horrida* L. f. (tab. 38, 39) gehörig.

Weggeblieben ist die früher von Vesque (Ann. sc. n. p. 102, n. 47) in Betracht gezogene *Capparis petiolaris* H. B. K., wie es auf Tab. L. heisst „ob specimen pessime servatum", und aus anderen *Cappareen*-Gattungen: *Morisonia multiflora* Tr. et Pl. (Ann. p. 58, n. 2) und *Roydsia suaveolens* Roxb. (Ann. p. 127, n. 1 „Hort. bot. Assam.; Anderson"). Das Uebergehen dieser beiden Pflanzen erklärt sich durch den Umstand, dass sie von Vesque schon früher (l. c.) als in ihren anatomischen Charakteren nur unerheblich verschieden von den dargestellten Arten der gleichen Gattungen *M. americana* L. und *R. parviflora* Griff. bezeichnet worden sind.

Nur scheinbar, d. h. nur im Register ist weggeblieben *Cadaba rotundifolia* Forsk. (sieh Tab. XVIII.).

Es mag mir gestattet sein, am Schlusse dieser Mittheilung meiner besonderen Freude darüber Ausdruck zu geben, dass die anatomische Methode, welche die von ihr gehegten, an anderem Orte[1]) ausgesprochenen Erwartungen schon weit übertroffen hat, sowohl was ihre Leistungen als was die Gewinnung von Anhängern betrifft, in Herrn Vesque einen so eifrigen und geschickten Förderer gefunden hat, wie er in den zu dieser Mittheilung Veranlassung gewordenen Abhandlungen sich darstellt. Möge er die Wissenschaft bald mit neuen solchen Arbeiten bereichern!

1) Sieh Radlkofer: Ueber die Methoden in der botanischen Systematik, insbesondere die anatomische Methode. Akademische Festrede. München 1883.

Digitized by Google

Ueber die für eine homogene lineare Differentialgleichung dritter Ordnung zwischen den Fundamentalintegralen und deren Ableitungen stattfindenden algebraischen Beziehungen.

Von Leo Königsberger in Heidelberg.

(Eingelaufen 6. November.)

Ich erlaube mir im Folgenden die wesentlichsten Resultate aus einer demnächst im Journal für Mathematik erscheinenden ausführlicheren Arbeit über die Bedingungen mitzutheilen, unter denen für eine lineare homogene Differentialgleichung dritter Ordnung irgend welche algebraische Beziehungen zwischen den Fundamentalintegralen und deren Ableitungen bestehen, und welche zugleich die allgemeine Form dieser algebraischen Beziehungen feststellen.

Um zunächst gewisse specielle Formen solcher Beziehungen in's Auge zu fassen, schicke ich einige allgemeine Bemerkungen voraus, die auch für die Theorie der algebraischen Differentialgleichungen beliebiger Ordnung von Interesse sind. Aus dem Satze, dass, wenn für eine algebraische Differentialgleichung m^{ter} Ordnung

$$y^{(m)} = f\left(x, y, y', \ldots y^{(m-1)}\right)$$

zwischen zwei Integralen y_1 und y_2, von denen das erstere nicht schon einer Differentialgleichung niederer Ordnung Genüge leistet, eine algebraische Beziehung

$$y_2 = \omega\left(x, y_1, y'_1 \ldots y_1^{(m-1)}\right)$$

Digitized by Google

besteht, diese erhalten bleibt, wenn für y_1 ein willkührliches anderes und für y_2 ein passendes anderes Integral derselben Differentialgleichung substituirt wird, ergiebt sich in bekannter Bezeichnung iterirter Functionen das folgende Theorem:

Wenn für eine algebraische Differentialgleichung ein Integral eine algebraische Function ω eines anderen Integrales η_1, dessen Ableitungen und der unabhängigen Variabeln ist, so lassen sich die unendlich vielen Integrale der Differentialgleichung in Gruppen von der Form ordnen

$$(A)\ \ldots \left| \begin{array}{l} \eta_1, \omega(x, \eta_1, \eta'_1, \ldots), \omega^2(x, \eta_1, \eta'_1, \ldots), \ldots . \\ \eta_2, \omega(x, \eta_2, \eta'_2, \ldots), \omega^2(x, \eta_2, \eta'_2, \ldots), \ldots \\ \eta_3, \omega(x, \eta_3, \eta'_3, \ldots), \omega^2(x, \eta_3, \eta'_3, \ldots), \ldots \\ \ldots \ldots \ldots \ldots \ldots \end{array} \right. ,$$

die im Allgemeinen unendlich viele Elemente enthalten werden; ist die Differentialgleichung irreductibel, so werden die Gruppen entweder die Form (A) haben, oder, wenn die Anzahl der Elemente **einer** Gruppe eine endliche ist die Gestalt

$$\eta_1, \omega(x, \eta_1, \eta'_1, \ldots), \omega^2(x, \eta_1, \eta'_1, \ldots), \ldots \omega\delta^{-1}(x, \eta_1, \eta'_1, \ldots)$$
$$\text{worin } \omega\delta(x, \eta_1, \eta'_1, \ldots) = \eta_1$$
$$\eta_2, \omega(x, \eta_2, \eta'_2, \ldots), \omega^2(x, \eta_2, \eta'_2, \ldots), \ldots \omega\delta^{-1}(x, \eta_2, \eta'_2, \ldots)$$
$$\text{worin } \omega\delta(x, \eta_2, \eta'_2, \ldots) = \eta_2$$
$$\eta_3, \omega(x, \eta_3, \eta'_3, \ldots), \omega^2(x, \eta_3, \eta'_3, \ldots), \ldots \omega\delta^{-1}(x, \eta_3, \eta'_3, \ldots)$$
$$\text{worin } \omega\delta(x, \eta_3, \eta'_3, \ldots) = \eta_3$$
$$\ldots \ldots \ldots \ldots \ldots \ldots \ldots \ldots \ldots ,$$

wobei jede Gruppe gleich viel und unter einander verschiedene Elemente enthält, und die Anzahl der Gruppen selbst unendlich gross ist

Digitized by Google

Daraus wird gefolgert,

dass für eine homogene lineare irreductible Differentialgleichung m^ter Ordnung, von welcher ein Integral eine algebraische Function eines anderen und dessen Ableitungen ist, sich die Integrale derart in eine endliche Anzahl von Gruppen

$$\eta_1, \omega(x, \eta_1, \eta'_1, ..), ... \omega^{\lambda-1}(x, \eta_1, \eta'_1, ...)$$
$$\eta_2, \omega(x, \eta_2, \eta'_2, ..). .... \omega^{\lambda-1}(x, \eta_2, \eta'_2, ...)$$
$$. \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad .$$
$$\eta\delta, \omega(x, \eta\delta, \eta'\delta, ..), ... \omega^{\lambda-1}(x, \eta\delta, \eta'\delta, ...)$$

vertheilen lassen, dass $\delta < m$, die Elemente einer Gruppe linear von einander unabhängig sind und eine höhere Iterirung als die $\lambda - 1^{te}$ nur eine lineare Function der Elemente derselben Gruppe liefert.

Diese Sätze werden auf einige spezielle Fälle angewandt, und die Sätze von Abel über die algebraische Auflösbarkeit von Gleichungen in Analogie gebracht mit der Zurückführbarkeit der linearen homogenen Differentialgleichungen auf solche der Fuchs'schen Klasse.[1])

Ich gehe sodann dazu über, die oben aufgeworfene Frage ganz allgemein anzugreifen. Zunächst wird der folgende Satz bewiesen, welcher der ganzen weiteren Untersuchung zu Grunde gelegt wird:

Wenn für eine lineare homogene Differentialgleichung dritter Ordnung, in welcher der Coefficient der zweiten Ableitung Null ist, eine algebraische Beziehung zwischen drei Fundamentalintegralen derselben und deren Ableitungen besteht, so existirt ausser derjenigen,

1) Vergl. eine demnächst in den mathematischen Annalen erscheinende Arbeit.

Digitized by Google

welche stets die Determinante eines Fundamentalsystems einer Constanten gleich macht, immer noch eine von diesen beiden unabhängige algebraische Relation zwischen eben diesen Grössen,

und aus diesem lässst sich schliessen,

dass, wenn für eine Differentialgleichung dritter Ordnung der angegebenen Art eine solche algebraische Beziehung besteht, nothwendig auch für die mit Hülfe eines dieser Integrale abgeleitete lineare homogene Differentialgleichung zweiter Ordnung (in der Normalform) eine algebraische Relation existirt zwischen zwei Fundamentalintegralen und deren Ableitungen mit Adjungirung jenes einen zu Hülfe genommenen Integrales und dessen Ableitungen;

die Eigenschaft dieser letzteren Beziehung, wenn nur drei Fundamentalintegrale der Differentialgleichung dritter Ordnung algebraisch homogen unter einander verbunden sind, ist leicht festzustellen.

Es bleibt nun die Frage zu erörtern, unter welchen Bedingungen für die lineare homogene Differentialgleichung zweiter Ordnung (in der Normalform) eine Beziehung der angegebenen Art stattfinden kann und wenn nicht — eine eingehende Untersuchung lässt erkennen,

dass, wenn $y_1, y_2, \ldots$ Integrale algebraischer Differentialgleichungen beliebiger Ordnung bedeuten, für eine lineare homogene Differentialgleichung zweiter Ordnung in der Normalform mit algebraisch aus der unabhängigen Variabeln, den Integralen $y_1, y_2, \ldots$ und deren Ableitungen zusammengesetzten Coefficienten **nie** auch mit Zuziehung der eben bezeichneten Grössen ein algebraischer Zusammenhang zwischen zwei Fun-

Digitized by Google

damentalintegralen und deren Ableitungen stattfinden kann, wenn die Differentialgleichung eine mit Adjungirung jener Grössen irreductible ist,
und die Verbindung mit dem oben ausgesprochenen Theorem liefert den Satz,

dass für eine lineare homogene Differentialgleichung dritter Ordnung in der Normalfom nur dann eine algebraische Beziehung zwischen drei Fundamentalintegralen derselben und deren Ableitungen bestehen kann, wenn die mit Hülfe eines dieser Integrale abgeleitete lineare homogene Differentialgleichung zweiter Ordnung (in der Normalform) eine mit Adjungirung jenes Integrales und dessen Ableitungen reductible ist.[1])

Da sich aber auch die Umkehrung dieses Satzes leicht erweisen liess, so ergab sich der folgende Satz:

Die nothwendige und hinreichende Bedingung dafür, dass für eine homogene lineare Differentialgleichung dritter Ordnung in der Normalform ausser der Determinantenbeziehung noch eine algebraische Relation zwischen der unabhängigen Variabeln, drei Fundamentalintegralen und deren Ableitungen besteht, ist die, dass die mit Hülfe eines dieser Integrale abgeleitete lineare homogene Differentialgleichung zweiter Ordnung in der Normalform mit Adjungirung dieses Integrales und dessen Ableitungen reductibel ist — und die gesuchten Relationen sind bekannt, wenn man die algebraischen Differentialgleichungen erster Ordnung aufstellen kann, denen die Integrale jener Differentialgleichung zweiter Ordnung genügen.

1) Die Irreductibilität einer linearen Differentialgleichung zweiter Ordnung zieht auch stets die Irreductibilität der auf die Normalform gebrachten Differentialgleichung derselben Ordnung nach sich.

Digitized by Google

Mit Hülfe aller dieser Sätze lässt sich nun aber auch für lineare Differentialgleichungen dritter Ordnung, die nicht in der Normalform gegeben sind, das nachfolgende Theorem herleiten:

Die nothwendige und hinreichende Bedingung dafür, dass für eine homogene lineare Differentialgleichung dritter Ordnung eine algebraische Relation zwischen der unabhängigen Variabeln, drei Fundamentalintegralen und deren Ableitungen besteht, ist die, dass die mit Hülfe einer dieser Integrale abgeleitete lineare homogene Differentialgleichung zweiter Ordnung in der Normalform mit Adjungirung dieses Integrales, dessen Ableitungen und der Exponentialfunction, deren Exponent durch die Quadratur über den ersten Coefficienten der Differentialgleichung dritter Ordnung dargestellt wird, reductibel ist, — und die gesuchten Relationen sind bekannt, wenn man die Differentialgleichung erster Ordnung aufstellen kann, denen die Integrale jener Differentialgleichung zweiter Ordnung genügen.

Nachdem nun alles auf die Untersuchung der Irreductibilitätsbedingungen einer linearen homogenen Differentialgleichung zweiter Ordnung zurückgeführt worden, untersuchen wir die Eigenschaften einer solchen Differentialgleichung, deren Coefficienten algebraische Functionen von Integralen beliebiger Differentialgleichungen sind und die mit Adjungirung eben dieser Grössen reductibel sein sollen, wobei wir zum Zwecke der Untersuchung die drei Fälle von einander trennen, in denen die Differentialgleichung dadurch reductibel wird, dass sie ein in den adjungirten Grössen algebraisches Integral hat, oder zwei ihrer Integrale in einer mit Adjungirung dieser Grössen algebraischen Beziehung zu einander

Digitized by Google

stehen oder endlich die Reductibilität statthat, ohne dass die Differentialgleichung eine dieser beiden Eigenschaften besitzt. Ich beschränke mich an dieser Stelle darauf, aus der in meiner Arbeit angestellten ausführlichen Untersuchung nur den Schlusssatz anzuführen:

Wenn eine lineare homogene Differentialgleichung zweiter Ordnung, deren Coefficienten algebraisch aus der unabhängigen Variabeln, Integralen algebraischer Differentialgleichungen und deren Ableitungen zusammengesetzt sind, **reductibel** ist, so hat dieselbe entweder ein in diesen Grössen algebraisch zusammengesetztes Integral, oder, wenn dies nicht der Fall ist, gibt es entweder zwei und nur zwei particuläre Fundamentalintegrale, welche linearen homogenen Differentialgleichungen erster Ordnung mit gleichartig zusammengesetzten Coefficienten genügen und zwar dann und nur dann, wenn zwei particuläre Integrale der Differentialgleichung zweiter Ordnung in einer mit Adjungirung der bezeichneten Grössen algebraischen Beziehung zu einander stehen, wobei alle anderen Integrale gleichartigen Differentialgleichungen erster Ordnung aber höheren Grades genügen, oder es leisten, wenn eine solche algebraische Beziehung ausgeschlossen ist, sämmtliche Integrale der Differentialgleichung zweiter Ordnung linearen homogenen Differentialgleichungen erster Ordnung Genüge,

und zu gleicher Zeit folgt

als nothwendige und hinreichende Bedingung dafür, dass die Differentialgleichung

$$z'' = \varphi(x, y_1, y_1', \ldots y_2, y_2', \ldots) \cdot z$$

reductibel ist, die, dass die Differentialgleichung erster Ordnung

Digitized by Google

$$t' = t^2 - \varphi(x, y_1, y_1', \ldots y_2, y_2', \ldots)$$

ein algebraisches Integral besitzt, und zwar hat die Differentialgleichung zweiter Ordnung ein und nur ein algebraisches Integral, wenn die Differentialgleichung erster Ordnung nur ein algebraisches Integral besitzt, und es stehen zwei Fundamentalintegrale in algebraischer Beziehung zu einander, wenn die letztere Differentialgleichung durch zwei und nur zwei algebraische Integrale befriedigt wird, während für den Fall, dass die Differentialgleichung erster Ordnung nur algebraische Integrale besitzt, Reductibilität der Differentialgleichung zweiter Ordnung ohne Existenz algebraischer Beziehungen zwischen den Integralen selbst stattfindet.

Werden nun die oben für die Differentialgleichung dritter Ordnung ausgesprochenen Sätze mit den eben gefundenen zusammengestellt, so erhalten wir das folgende Theorem:

Die nothwendige und hinreichende Bedingung dafür, dass für eine homogene lineare Differentialgleichung dritter Ordnung eine algebraische Relation zwischen der unabhängigen Variabeln, drei Fundamentalintegralen und deren Ableitungen besteht, ist die, dass die mit Hülfe eines dieser Integrale abgeleitete lineare homogene Differentialgleichung zweiter Ordnung entweder ein mit Adjungirung dieses Integrales, dessen Ableitungen und der Exponentialfunction, deren Exponent durch die Quadratur über den ersten Coefficienten der Differentialgleichung dritter Ordnung dargestellt wird, algebraisches Integral besitzt, oder dass zwei und nur zwei Fundamentalintegrale derselben mit Adjun-

Digitized by Google

girung jener Grössen gleichartigen linearen homogenen Differentialgleichungen erster Ordnung genügen, oder dass endlich alle ihre Integrale Differentialgleichungen der letztgenannten Art angehören.

Nachdem nun die Bedingungen gefunden, unter denen für eine lineare Differentialgleichung dritter Ordnung eine algebraische Beziehung zwischen ihren Fundamentalintegralen und deren Ableitungen stattfindet, lässt sich auch mit Hülfe der oben für die reductibeln Differentialgleichungen zweiter Ordnung aufgestellten Sätze die Form derselben angeben, und wir finden,

dass, wenn die reducirte Differentialgleichung zweiter Ordnung der irreductibeln Differentialgleichung dritter Ordnung dadurch reductibel wird, dass sie ein mit Adjungirung eines Integrales der letzteren Differentialgleichung und dessen Ableitungen algebraisches Integral besitzt, die Ableitungen dreier Fundamentalintegrale sich als algebraische Functionen eben dieser drei Integrale oder die zu einem Integrale gehörigen Fundamentalintegrale sich durch dieses Integral und dessen Ableitungen algebraisch ausdrücken lassen, während in allen anderen Fällen die Relationen die Form haben

$$y_1 y_2'' - y_2 y_1'' = F_1\left(x, \frac{y_1'}{y_1}, \frac{y_1''}{y_1}\right)\left(y_1 y_2' - y_2 y_1'\right)$$

und

$$y_1 y_3'' - y_3 y_1'' = F_2\left(x, \frac{y_1'}{y_1}, \frac{y_1''}{y_1}\right)\left(y_1 y_3' - y_3 y_1'\right)$$

worin y_1, y_2, y_3, die drei Fundamentalintegrale der Differentialgleichung dritter Ordnung und F_1, F_2 algebraische Functionen bedeuten.

Digitized by Google

Digitized by Google

Sitzung vom 3. Dezember 1887.

1. Herr C. M. v. BAUERNFEIND hielt einen Vortrag über die „Ergebnisse aus Beobachtungen der terrestrischen Refraktion“ (3. Mittheilung). Die Abhandlung ist für die Denkschriften bestimmt.

2. Herr W. v. GÜMBEL berichtet über eine von dem auswärtigen Mitgliede, Herrn F. v. SANDBERGER in Würzburg eingeschickte Abhandlung: „über die ältesten Ablagerungen im südöstlichen Theile des böhmischen Silurbeckens und deren Verhältniss zu dem anstossenden Granit.“.

3. Herr N. RÜDINGER reicht eine Untersuchung: „über die Abflusskanäle der Endolymphe des inneren Ohres“ ein.

4. Herr G. BAUER legt eine ihm von dem correspondirenden Mitgliede, Herrn GORDAN in Erlangen eingesandte Mittheilung: „über die Bildung der Discriminante einer tertiären Form“ vor.

Ueber die ältesten Ablagerungen im südöstlichen Theile des böhmischen Silurbeckens und deren Verhältniss zu dem anstossenden Granit.

Von F. von Sandberger.

(Eingelaufen 8. Dezember.)

Die Studien über Erzgänge, mit welchen ich mich seit 11 Jahren beschäftige und deren Hauptresultate ich als allgemein bekannt voraussetzen darf, hatten auch die Aufmerksamkeit der österreichischen Regierung auf sich gezogen und dieselbe zu dem Wunsche veranlasst, die überaus reichen

Digitized by Google

Gänge von Přibram in Böhmen in derselben Weise untersuchen zu lassen, wie es von mir bei solchen des Schwarzwaldes, rheinischen Schiefergebirges und Erzgebirges geschehen war.

Ich wurde daher unter dem 12. Januar 1885 von dem k. k. Ackerbau-Minister, Herrn Grafen Falkemhayn, zu dessen Geschäftskreis der k. k. Staats-Bergbau gehört, ersucht, meine Arbeiten über die Přibramer Gänge mit möglichst vollständigem Materiale weiter fortzusetzen. Zu diesem Zwecke begab ich mich gegen Ostern 1886 an Ort und Stelle und wurden dort von einer aus einem Ministerial-Beamten und einem der k. k. geologischen Reichsanstalt, solchen des Werks und mir bestehenden Commission diejenigen Punkte in den Gruben und über Tag bezeichnet, von welchen Proben untersucht werden sollten. Nachdem jetzt über dreissig geprüft worden sind, wird das Gesammt-Resultat von dem k. k. Ministerium in dem Jahrbuche der österreichisch-ungarischen Berg-Academien für 1887 veröffentlicht werden und dessen viertes Heft bilden. Damit ist der nächste Zweck, nämlich die Beantwortung der Frage, ob die Elemente der auf den Přibramer Gängen auftretenden Gangarten und Erze in den ihre Nebengesteine bildenden Silicaten enthalten seien, vollkommen erreicht und diese in bejahendem Sinne ausgefallen. Allein ich hatte im Verlaufe der Arbeit viele in anderer Beziehung interessante Beobachtungen anzustellen Gelegenheit gehabt, so dass ich nicht umhin konnte, dieselben weiter fortzuführen, um wo möglich zu einem klaren Bilde der tiefsten Niveaux des böhmischen Silurs zu gelangen.

Die von der böhmischen Westbahn bei Zdic abzweigende Rakonitz-Protiviner Staatsbahn folgt dem Litava-Thale aufwärts bis jenseits Přibram und durchschneidet auf diesem Wege einen Theil des Silur-Beckens in der Richtung vom Hangenden in's Liegende. Sie liefert zunächst bis Jineč zahlreiche, zum Theil prachtvolle Aufschlüsse in den Barrande-

Digitized by Google

schen Etagen D (Trinucleus-Sandsteine und Schiefer) und C (Paradoxiten-Schichten oder Schichten der Primordial-Fauna). Dann dringt sie in das Gebiet der unteren Sandsteine und Conglomerate ein, unter welchen nach einiger Zeit schwarze Thonschiefer hervortreten, die bei Přibram neuerdings von Sandsteinen und Conglomeraten, den sog. Přibramer Grauwacken überlagert erscheinen und erst jenseits der Stadt wieder unter diesen auftauchen und an der Bahn bis zum Rande der mittelböhmischen Granitmasse fortsetzen. Die Přibramer Sandsteine und Conglomerate, in welchen am Birkenberge so zahlreiche Diabas- und Erzgänge aufsetzen, erweisen sich also stets jünger, als die schwarzen Schiefer und füllen die von diesen gebildete Mulde grossentheils aus. Doch befinden sich beide Gesteine nicht überall längs ihrer Berührungslinien in ungestörter Lagerung, vielmehr erscheint diese an der Ostgrenze beider bei Přibram durch eine weit fortsetzende Verwerfungs-Spalte, die sog. Lettenkluft, stark gestört, da die sehr zerrütteten Schiefer an derselben nicht wie sonst nach SO., sondern nach NW., also widersinnig einfallen.

In der Fortsetzung dieser Verwerfung nach SW. tritt plötzlich schon in einer Entfernung von 5 km von dem Rande des mittelböhmischen Granitgebiets bei Jerusalem Granit unweit Kozicin hervor, in dessen Bereiche auch noch andere Eruptiv-Gesteine, namentlich ein schöner Diorit nächst Kozicin getroffen werden. Der Granit wurde in den Grubenbauen des Kozicin-, Kronprinz Rudolf- und Stephan-Schachtes angefahren, doch meist schon in stark verwittertem Zustande. Am Schönsten ist die Berührung mit der Přibramer Grauwacke am Neuen Gange im dritten Laufe des Stephans-Schachtes entblösst, wo ich selbst das Grenzgestein beobachten und Stücke desselben sammmeln konnte. Ebenso stark verändert, wie hier die Grauwacke, zeigen sich die schwarzen Schiefer sowohl an dem eben erwähnten Kozicin-Bohutiner

Digitized by Google

als an dem südöstlich gegenüber liegenden Theile des grossen mittelböhmischen Granit-Stockes in der Linie von Jerusalem nach Milin und weiter. Ehe jedoch auf diese Veränderungen weiter eingegangen werden kann, erscheint es nothwendig, auf die ursprüngliche Beschaffenheit der Schiefer etwas näher einzugehen. Die unter der Grauwacke im 5. und 18. Laufe des Lillschachtes aufgenommenen Proben dürften hierzu ein sehr gutes Material darbieten. Sie zeichnen sich durch graulichschwarze Färbung aus, welche von massenhaft eingemengtem Anthracit herrührt, zu diesem gesellt sich besonders auf Klüften deutlich erkennbarer metallisch glänzender und abfärbender Graphit. In Folge der gleichmässigen Vertheilung des Kohlenstoffs ist es nicht möglich, durchsichtige Schliffe des Schiefers herzustellen, allein das gepulverte Material lässt unter dem Mikroskope opake Thonsubstanz, dann ausgelaugte und darum farblose Glimmerblättchen, sowie Feldspath- und Quarzkörnchen neben den undurchsichtigen Kohlenstoff-Partikeln deutlich erkennen. Ausserdem aber enthält das aus tiefen Gruben entnommene Gestein stets fertig gebildeten, nur auf chemischem Wege nachweisbaren und in der Regel kobalthaltigen [1]) Braunspath. Versteinerungen sind bis jetzt weder in dem Schiefer selbst noch in den in ihm eingelagerten Hornsteinen und Kieselschiefern entdeckt worden. Auch ein im Gebiete desselben unweit des Strachen-Schachts von Herrn Bergrath Pcsepny gefundener tief schwarzer oolithischer Kalkstein liess weder bei der von mir vorgenommenen noch auch bei der von Herrn J. G. Bornemann in Eisenach [2]) ausgeführten Untersuchung organische Reste mit pflanzlicher oder thierischer Struktur erkennen. Dennoch liegen Anzeichen vor, welche eine Betheiligung von Organismen an

1) Gibbs in Poggend. Annalen LXXI. S. 564.

2) Jahrbuch d. k. preuss. geol. Landesanstalt f. 1886 Sep.-Abdr. S. 17 f.

Digitized by Google

der Bildung dieser Gesteine ungemein wahrscheinlich machen. Der Kohlenstoff ist nämlich keineswegs nur in Form von Anthracit und Graphit, sondern auch in anderen Verbindungen in denselben enthalten, welche wohl nur als Producte allmählicher Zersetzung organischer Körper angesehen werden können. Ich wurde auf diese Substanzen zuerst aufmerksam, als ich aus dem Adalbert-Schachte entnommenen Schiefer mit destillirtem Wasser ausgezogen hatte und zu der Lösung Silbernitrat hinzusetzte, um auf Chlor zu prüfen. Je concentrirter der wässerige Auszug war, desto rascher bräunte er sich und zwar ebensowohl, wenn Aetz-Ammoniak zur Verhinderung des Ausfallens von Chlorsilber zugesetzt worden war, als wenn dieser Zusatz unterlassen wurde. Die Fällung bestand aus metallischem Silber in pulverigem Zustande, welchem leicht die Farbe und der Glanz des gediegenen Metalls verliehen werden konnte. Dieses Verhalten des wässerigen Auszugs liess vermuthen, dass in demselben eine organische Säure enthalten sei, was denn auch durch Versuche des Herrn Professors Emil Fischer bestätigt wurde, derselbe konnte aber weiter nur constatiren, dass die Säure sich nicht mit Wasserdämpfen verflüchtige und dass sie stickstofffrei sei. Dieselbe in genügender Menge rein zu erhalten ist einstweilen noch nicht gelungen und man kann daher nur vermuthen, dass es sich um eine der Ameisensäure verwandte Säure handeln werde. Natürlich habe ich mich dann auch veranlasst gesehen, Proben des Schiefers mit Alkohol und Aether auszuziehen. Mit ersterem wurde kein Resultat erzielt, der Aether aber liess nach dem Verdunsten sehr kleine farblose Krystalle von Kohlenwasserstoffen in zweierlei Formen zurück, welche ebenfalls noch weiter zu untersuchen sind. Dass ausserdem indess auch stickstoffhaltige Substanzen in den Schiefern enthalten sind, geht aus dem Verhalten derselben im Glührohre unzweifelhaft hervor, da sich neben bituminösen (Theer-)Dämpfen auch stark alkalisch reagirende

Digitized by Google

von kohlensaurem Ammoniak oder bei Einsprengung von feinvertheilten Schwefel-Metallen von Schwefel-Ammonium entwickeln. Diese Reaktionen zeigen sich aber nicht bloss bei aus tiefen Gruben genommenen schwarzen Schiefern, sondern auch an den Sandsteinen der Přibramer Grauwacken, selbst an solchen, welche über Tag anstehen, z. B. in der Nähe des Segengottes-Schachtes, wenn sie nur nicht schon gar zu sehr verwittert sind. Ich vermag diese Beobachtungen nur so zu deuten, dass die bisher azoisch genannte Etage B und die nur aus umgewandelten Gesteinen derselben Schiefer bestehende A Barrandes in der That unter Mitwirkung faulender organischer Körper entstanden sein müssen, von denen sich trotz der ungeheuer langen Zeit in Folge des Abschlusses der Luft Produkte mehrerer Stadien der Zersetzung erhalten haben. Es läge am Nächsten anzunehmen, dass diese verfaulten Körper Algen gewesen seien, um so mehr als die schwarzen Schiefer beträchtliche Mengen von Phosphorsäure enthalten, welche bekanntlich auch in meerischen Algen stark vertreten ist. Doch ist natürlich nicht ausgeschlossen, dass auch nackthäutige Thiere in jenem Urschlamm ihren Untergang gefunden und denselben mit ihren Bestandtheilen angereichert haben können. An Algen denke ich besonders deshalb, weil in Schweden unter jenen der Primordial-Fauna auch noch Ablagerungen folgen, welche Angelin als Regio Fucoidarum bezeichnet und in denen Algen und eine Lingula vorkommen, wie ich mich an von Herrn Professor Lundgren in Lund erhaltenen Stücken selbst überzeugen konnte.

Nun gibt es ja freilich in Schweden auch bituminöse Gneisse,[1]) welche einen tief schwarzen, äusserlich asphaltähnlichen Körper in beträchtlicher Menge (8—9 proc.) enthalten, der aus 88,74 Kohlenstoff, 5,46 Wasserstoff, 5,13 Sauerstoff und 0,67 Stickstoff besteht und gleichfalls neben Theer

1) Igelström och Nordenskiöld Vetensk. Acad. Handlingar 1867.

Digitized by Google

und Gasen beim Glühen auch kohlensaures Ammoniak entwickelt. Allein die von Herrn von Nordenskiöld gütigst mitgetheilten Stücke liessen im wässerigen Auszuge keine Silbernitrat bräunende Säure bemerken und auch Kohlenwasserstoffe liessen sich mit Aether nicht daraus gewinnen, die bituminöse Substanz derselben ist daher wesentlich von jener der ältesten Silur-Schichten verschieden. Auch deutet kein Merkmal darauf hin, dass die Gesteine von Nullaberg etwa zu einer Gneiss ähnlichen Felsart metamorphosirte Sediment-Massen sein könnten, wie die Conglomerate von Mittweida u. a. O.

Ausser den bereits früher genannten Bestandtheilen der schwarzen Schiefer treten in denselben auch hin und wieder fertig gebildete Schwefelmetalle auf, in denen sich die nämlichen Elemente wieder finden, wie in den Silicaten derselben, nämlich Antimon, Arsen, Blei, Kupfer, Kobalt, Nickel und Silber. Die Menge des letzteren bestimmte Herr Haupt-Probirer Mann in den Schiefern vom 5. Laufe des Lillschachts in 97 m Entfernung von dem Kreuze des oberen Schwarzgrübner Ganges zu 0,00035, in jenen vom 18. Laufe desselben Schachtes 102 m vom Füllorte entfernt dagegen zu 0,0006 proc.

In der Nähe der Lettenkluft haben die Schiefer, wie schon früher angedeutet, starke Zerrüttungen erfahren. Dieselben wurden hier offenbar stellenweise vollständig zerrieben und dann wieder zusammengepresst, wie es bei der starken Reibung der Wände der Kluft nicht wohl anders sein konnte. Für die Stärke derselben zeugen zahllose spiegelglatte und gefurchte Rutschflächen. Diese Massen sind nun besonders am Adalbert- und Eusebi-Gange reich an organischer Substanz und auch an Silber, welches zum Theil schon fertig gebildeten Schwefelmetallen angehört. Herr Haupt-Probirer Mann wies in einem an letzteren recht armen Schiefer vom 28. Laufe des Adalbert-Schachtes 0,0020 proc. Silber nach.

Ganz so wie die eben geschilderten Reibungs-Produkte

Digitized by Google

an der Přibramer Lettenkluft verhalten sich, beiläufig bemerkt, auch die sogenannten „schwarzen Gangthonschiefer" aus verschiedenen Gegenden, welche der zu früh verstorbene von Groddeck[1]) in einer seiner letzten Abhandlungen besprochen hat. Er hat, was als sehr verdienstlich gerühmt werden muss, auch quantitative Analysen von solchen machen lassen. Allein in denselben sind, wie gewöhnlich nur die in grösserer Menge vorhandenen Körper berücksichtigt, wozu auch der Kohlenstoff gehört. Ich habe daher für nützlich gehalten, für solche Schiefer von Clausthal weitere, wenngleich nur qualitative Versuche anzustellen, welche die Uebereinstimmung jener Reibungs-Producte mit den zu Přibram beobachteten zur Evidenz ergaben. Einer meiner früheren Schüler, Herr Dr. A. Wollemann aus Braunschweig, z. Z. Assistent in Bonn, hatte die Gefälligkeit, eine Kiste voll des schwarzen Gangthonschiefers auf der Grube Neuer Thurm-Rosenhof unweit Clausthal für mich aufzusammeln. Ich konnte daher über reichliches Material verfügen. Die Resultate meiner Untersuchung sind die folgenden:

Im Glührohre erhält man dieselben, zuerst rein bituminösen, dann immer stärker mit Schwefelammonium gemischten Dämpfe, wie aus den Přibramer Schiefern, der wässerige Auszug enthält auch die gleiche, Silbernitrat reducirende Säure, nur liefert der Aether-Auszug keine gut krystallisirenden Kohlenwasserstoffe.[2]) Heisse Essigsäure zieht aus dem Pulver unter Kohlensäure-Entwickelung die Bestandtheile des Braunspaths (Ca, Mg, Fe), sowie phosphorsauren Kalk und etwas Zink aus, welches wohl als Zinkblende vorhanden war, da sich auch ein wenig Schwefelwasserstoff bemerklich gemacht hat. Heisse Salzsäure löste ferner Kupfer, Antimon und Blei, sowie etwas Zink, Arsen und sehr wenig

1) Jahrb. d. k. preuss. geol. Landesanstalt für 1886.

2) Sommerlad's Analyse gibt als Gesammtmenge des Kohlenstoffs 1,10 proc. an.

Digitized by Google

Kobalt unter stärkerer Entwickelung von Schwefelwasserstoff, es sind das die Bestandtheile von Fahlerz, Bleiglanz und Blende. Endlich zersetzt Flusssäure den ganzen aus Silicaten bestehenden Rest unter Zurücklassung schwarzer anthracitischer Flocken. Es geht dabei nochmals Blei und Zink nebst etwas Kupfer, Antimon und Arsen in Lösung. Den Gesammtsilber-Gehalt hatte auch diesmal Herr Haupt-Probirer Mann zu bestimmen die Güte, er belief sich auf 0,0005 proc. Eine grössere Uebereinstimmung zweier sog. Gangthonschiefer aus so weit entfernten Gegenden und verschiedenen geologischen Formationen war wohl kaum zu erwarten. Soviel zur Vergleichung der Clausthaler mit den Přibramer Gangthonschiefern.

Abgesehen von den längs der Lettenkluft eingetretenen Störungen sind die Sandsteine und Conglomerate der Přibramer Grauwacke den schwarzen Schiefern ganz regelmässig aufgelagert und gehören daher mit diesen zu der gleichen Schichtengruppe. Diese umfasst aber nicht auch noch die Paradoxiten-Bänke von Jineč, da diese die letzteren mit abweichender Schichtenstellung bedecken. Ob diese abweichende Lagerung im ganzen böhmischen Silur-Becken stattfindet oder nur bei localen Hebungen eingetreten ist, scheint zur Zeit noch nicht festzustehen. Bei Skrey liegen Conglomerate, in welchen eine mit Orthis Romingeri Barr. scheinbar identische Art vorkommt, unter, aber concordant mit den Paradoxiten-Schichten,[1]) ob sie aber den Přibramer Conglomeraten gleichzustellen sind, ist so lange zweifelhaft, als aus diesen gar keine Versteinerungen bekannt sind.

Verschiedene grössere Verwerfungen, welche in dem eben citirten Werke näher geschildert werden, haben nun

1) Krejci und Feistmantel Orographisch-Geotektonische Uebersicht des silurischen Gebietes im mittleren Böhmen. Archiv für naturw. Landesdurchforschung von Böhmen Bd. V, Nr. 5, 1885 S. 7 f.

Digitized by Google

das Gebiet der schwarzen Schiefer und unteren Grauwacken in eine Anzahl kleinerer Schollen zerspalten, von welchen ich aber nur die bei Přibram auftretenden näher kennen zu lernen Gelegenheit hatte. Es scheinen diess jedenfalls auch die interessantesten zu sein. Ueber die Herkunft des zu ihrer Bildung verwandten Trümmermaterials erhält man die beste Aufklärung durch die Untersuchung der in den Conglomeraten enthaltenen Gerölle. Diese werden zuweilen grösser als Wallnüsse und bestehen vorwiegend aus weissem Fettquarze, lichtgrauem bis schwarzgrauem Quarzit, sowie aus Gneiss und Hornblende-Gestein. Der Gneiss stimmte ebenso wie die Quarzite völlig mit den gleichnamigen Felsarten überein, welcher sich im Böhmer Walde von Tabor bis Kuttenberg über weite Flächen erstrecken. Besonders reich an von den Geröllen nicht unterscheidbaren Quarziten ist die Gegend von Cechtic, Pilgram und Patzau[1]), gangförmige weisse Fettquarz-Adern sind im ganzen Gneiss-Gebiete häufig. Der aus Gneissgeröllen isolirte Glimmer stimmte völlig mit jenem überein, den ich aus dem Gneisse von Ratieborzic und anderen Orten des Kuttenberg-Taborer Zuges gewonnen hatte und enthielt wie dieser Antimon, Blei und Zink nebst etwas Arsen, Kupfer, Kobalt und Silber. Auf den Schichtuugsflächen der Sandsteine, seltener auch der schwarzen Schiefer bedecken Blättchen desselben Glimmers, meist schon stark ausgelaugt, aber zuweilen, wie in dem Querschlage des 44 m tiefen Versuchs-Schachtes bei Neuwirthshaus doch auch in voller Frische und tiefbrauner Farbe erhalten, beträchtliche Flächenräume. Zudem ergab die Untersuchung der Schlämmreste in allen Sandsteinen reichlich mikroskopischen Zirkon, Apatit und Rutil, letzteren sogar öfter in denselben herzförmigen Zwillingen, welche in den Schliffen des Gneisses von Ratieborzic so häufig sind. Turmalin-Mikrolithe treten nur vereinzelt auf.

1) Stur Jahrb. d. k. k. geol. Reichsanst. 1858 S. 674.

Digitized by Google

Diese Thatsachen lassen mich nicht daran zweifeln, dass das Trümmermaterial, welches jetzt die untersten Ablagerungen des böhmischen Silurbeckens bildet, aus dem Gneissgebiete des Böhmer Waldes und nicht aus der Granitregion dieses Gebirges herrührt, auf welcher die Silurschichten scheinbar auflagern. Unzweifelhafte Granitgerölle habe ich in den letzteren nirgends gesehen, es werden auch von Krejci und Feistmantel keine solchen angeführt. Die von letzteren aus der Art der Verbreitung der Conglomerate vermutheten Einschwemmungsrichtungen W-O und SW-NO[1]) deuten ebenfalls auf die Herkunft der Gerölle aus dem Gneissgebiete, da an den betreffenden Rändern des Beckens überhaupt kein Granit bekannt ist.

Dass die Sandsteine ebensowohl wie die schwarzen Schiefer organische Substanzen enthalten, wurde bereits oben angeführt, ganz frei von solchen erweisen sich nur grobkörnige Sandsteine und Conglomerate, welche eine Verkieselung erfahren haben, wie sie ja auch in der Etage D, dann im Unterdevon, Rothliegenden, Buntsandstein u. s. w. bis hoch in das Tertiär hinauf auftritt.

Diese Verkieselung, welche stets auf Infiltration kieselsäurehaltiger Flüssigkeiten von oben zurückzuführen ist, verändert natürlich den Habitus der Gesteine sehr beträchtlich, bewirkt aber keine Neubildungen von Silicaten und Rückbildung in krystallinische Massen, wie das durch eruptive Felsarten geschieht. Das lässt sich in der Gegend von Přibram und zwar in der südlichen (Drkolnow-Bohutiner) Gruben-Abtheilung ganz besonders schön nachweisen.

Bei meiner Befahrung des Erzherzog Stephan-Schachtes im April 1886 waren an dem „Granit-Querschlage" zwischen Sandstein und Granit Gesteine angehauen worden, welche ich sogleich als Hornfels erkannte. Diese Beobachtung liess

1) a. a. O. S. 10.

Digitized by Google

mich wünschen, mit den sonstigen Verhältnissen der erwähnten Gruben-Abtheilung näher bekannt zu werden. Der damalige trefflich unterrichtete Vorstand derselben, Herr k. k. Oberbergverwalter Hozak auf dem August-Schachte, jetzt zu Joachimsthal, kam meinem Wunsche mit freundlichster Bereitwilligkeit entgegen, wofür ich auch hier meinen herzlichsten Dank wiederhole. Er übergab mir nicht nur eine geologische Detailkarte seines Bezirks im Massstabe 1:14,400 nebst erläuterndem Profile, die Frucht langjähriger Arbeit, sondern auch eine grosse Zahl von Handstücken, deren Fundort auf der Karte bezeichnet war. Nachdem diese Gegenstände durch gütige Vermittelung der k. k. Bergdirection Přibram im Herbst 1886 in meine Hände gelangt waren, konnte ich die Bearbeitung beginnen, deren Resultat die aufgewandte Mühe, wie mir scheint, reichlich gelohnt hat.

Die Mitte der Karte nimmt die direkte Fortsetzung der Přibramer Grauwacke des bekannten Birkenbergs ein. Die westliche Grenze derselben gegen den Granit, welcher südlich vom Kozicin-Schachte die schwarzen Schiefer abgeschnitten hat, fällt so ziemlich mit dem Zuge der am Stephans-, Franz-, Kronprinz Rudolfs- und Segengottes-Schachte vorüberführenden Bezirksstrasse von Rozmital nach Přibram zusammen. Oestlich wird die Grauwacke auf der Linie Vejuc, Zezic, Broder Stollen dagegen von den schwarzgrauen Schiefern begrenzt, welche noch weiter östlich an der grossen Granitmasse der Gegend von Lechetic und Milin abstossen. Die Schichten der Sandsteine fallen im östlichen Theile der von den Schiefern gebildeten Mulde und selbst noch gegen die Mitte derselben bei Tisova deutlich nordwestlich ein. Weiter nach Westen aber wird das Fallen in der Nähe des Stephan- und Franz-Schachts ganz regelmässig südöstlich und ebenso auch an der Rozmital-Přibramer Strasse nördlich von dem Segengottes-Schachte. Allein diese Regelmässigkeit hört in der Nähe des Granits in den Bauen des Stephans- und

Digitized by Google

Kronprinz Rudolfs-Schachtes vollständig auf, ja das Fallen wird hier, wie auch zuweilen an der Lettenkluft selbst, widersinnig, d. h. nordwestlich.

Im dritten Laufe des Stephans-Schachtes wurde, wie bereits früher bemerkt, nächst dem „Neuen Gange" in 10 m Entfernung von dem Granit ein stark zersetztes Gestein angetroffen, in welchem grosse Klötze einer sehr harten Felsart steckten, welche der Verwitterung entgangen waren und die sich als eine Art Hornfels auswies. Derselbe erschien intensiv schwärzlichgrau gefärbt, von splitterigem Bruch und Quarzhärte. Letztere erklärt sich leicht daraus, dass der grösste Theil des Gesteins aus Quarz besteht, in welchem stellenweise dunkler, oft schon zum grösseren Theil in Chlorit umgewandelter Glimmer sowie Magneteisen-Körnchen in Menge eingestreut sind. In diesem Gemenge erscheinen ausserdem Ausscheidungen von weissem Fettquarz mit strahligblätterigem Kaliglimmer und Krystallen $\left(\frac{\infty R}{2}.\infty P2.R\right)$ von schwarzem Turmalin oder von fleischrothem Orthoklas in grobkörnigem Gemenge mit Quarz und schwarzen länglichen Glimmertafeln. Oligoklas habe ich nicht finden können. Der Granit, welcher zunächst dem Hornfels angefahren wurde, ist aber feinkörnig und führt keinen rothen Orthoklas. Hin und wieder auf Klüftchen des Hornfelses bemerkbarer Eisenkies ist jedenfalls als später infiltrirt anzusehen.

Es handelt sich hier zweifellos um einen Turmalin-Hornfels, welcher, wenn man von den sächsischen und cornwaller Turmalin-Schiefern absieht, nicht gerade zu den gewöhnlichen Erscheinungen gehört, da er hauptsächlich nur am Harze, z. B. am Hohensteiner Wasser bei Wernigerode neben Granit auftritt. Bemerkenswerth erscheint, dass die in den Sandsteinen der Přibramer Grauwacke sonst niemals fehlende, noch wasserstoff- und stickstoffhaltige organische Substanz in diesem Hornfels nicht mehr nachzuweisen ist,

Digitized by Google

sondern die dunkelschwarzen Flocken offenbar nur aus Anthracit bestehen. Diess wurde durch die negativen Ergebnisse der Versuche im Glührohre und mit dem wässerigen Auszuge ausser Zweifel gesetzt. Die qualitative Analyse ergab aber alle die Bestandtheile der unveränderten Sandsteine einschliesslich der schweren und edlen Metalle und es scheint daher nur Wasser und Ammoniak ausgetreten und kein neuer Bestandtheil hinzugekommen zu sein. Zur Erklärung der Neubildung des Turmalins bedarf es hier ebensowenig als sonst einer Zuführung von Borsäure in Form von aus der Tiefe aufsteigenden Dämpfen. Die Glimmer aller Grauwacken der Gegend enthalten Borsäure, wie sich sofort bei Versuchen mit jenen ergab, welche aus in der Nähe des Segengottes-Schachtes, dann in dem Stephans- und Neuwirthshaus-Schachte anstehenden entnommen worden waren. Ich habe auf diese Thatsachen schon öfter aufmerksam gemacht.[1])

Ausser dem eben beschriebenen gibt es aber in der Drkolnov-Bohutiner Gegend noch andere Varietäten von Hornfels, welche weit grössere Flächenräume bedecken. Die schwarzen Schiefer zeigen sich nämlich sowohl an dem nordwestlichen Granitstocke als längs dem Rande des grossen südöstlich vorliegenden mittelböhmischen ebenfalls in Hornfels umgewandelt und zwar um so intensiver, je näher sie dem Eruptiv-Gesteine liegen. In der Regel tritt dann neugebildeter Glimmer immer deutlicher hervor, doch bleibt die Schieferung dabei erhalten. Man darf sich daher nicht wundern, dass der geniale Paläontologe J. Barrande, gewiss einer der besten Kenner von geschichteten Gesteinen, aber mit massigen wohl wenig vertraut, diese schiefrigen Hornfelse für ächte primitiv krystallinisch gebildete Urgebirgs-Schiefer gehalten und ihre Beziehung zu dem Granit nicht geahnt hat.

1) Jahrb. f. Min. 1885. Bd. I S. 171. Untersuchungen über Erzgänge II S. 186 ff.

Digitized by Google

Sehr auffallend war mir daher, dass die Gesteine aus unmittelbarer Nähe des Granits und bis auf 390 m Abstand von demselben sich als völlig ununterscheidbar von dem Harzer Hornfelse erwiesen, welchen man in Sammlungen gewöhnlich vorfindet und welcher als aus der Nähe des des Rammbergs stammend angegeben wird, wo unterdevonische sog. Wieder Schiefer mit dem dortigen Granit in Berührung stehen. Der hier in Betracht kommende Přibramer Hornfels ist dickschieferig und stark vertikal zerklüftet. Sein Bruch ist fast muschelig, die Härte 6, stellenweise sogar 6,5. Der bräunliche Farbenton ist schon von Hausmann[1]) mit Recht dem grossen Reichthum des Gesteins an tiefbraunem Glimmer zugeschrieben worden, dasselbe verdient vollauf den Namen Glimmer-Hornfels. Die Glimmerblättchen, welche in einer feinkörnigen Quarzmasse massenhaft eingestreut sind, erscheinen in den mikroskopischen Schliffen nicht selten als scharfe ungleichwinkelige (monokline) Sechsecke. Sie besitzen einen sehr beträchtlichen Eisengehalt und der beliebte, aber so häufig falsch angewandte Name „Magnesia-Glimmer" dürfte ihnen wohl um so weniger zukommen, als der Magnesia-Gehalt des gesammten Hornfelses sehr gering ist. Ausser Glimmer liegt nun in der körnigen Quarzmasse noch stark magnetisches undurchsichtiges hexagonales Titaneisen in einzelnen, oft schön ausgebildeten Blättchen, organische Substanz in schwarzen glanzlosen, an den Rändern ausgefransten länglichen Flecken und endlich prächtige strahlige Gruppen von Andalusit-Nadeln, welche leicht durch Form und Verhalten im polarisirten Lichte nachzuweisen sind.

In einer Entfernung von 390 m vom Granite hat die organische Substanz ihren Wasserstoff- und Stickstoffgehalt noch zum grössten Theile behalten, wie die Versuche in der Glühröhre und mit der wässerigen Lösung beweisen.

1) Ueber die Bildung des Harzgebirges S. 106.

Digitized by Google

Auch in dieser Beziehung war der Harzer Hornfels dem böhmischen völlig gleich. Ob aber unmittelbar am Granit nicht dennoch dieselbe Umwandlung zu Anthracit vor sich gegangen ist, wie sie der Turmalin-Hornfels in ganz geringer Entfernung von demselben schon bemerken lässt, kann ich leider nicht entscheiden, da ich kein dicht an dem Eruptiv-Gestein geschlagenes Stück dieses Glimmer-Hornfelses vor mir habe. Die qualitative Analyse ergab in den Hornfelsen sämmtliche früher aus den unveränderten schwarzen Schiefern aufgeführten Elemente einschliesslich des Silbers, welches Herr Haupt-Probirer Mann in einer völlig kiesfreien Probe aus dem Steinbruche in der Nähe der Brod-Lecheticer Bezirksstrasse (390 m vom Granit entfernt) zu 0,001 proc. bestimmte.

Weit weniger stark umgewandelt erweisen sich die Schiefer in grösserer Entfernung vom Granit. Als Beispiel hiefür möge ein in 970 m Abstand vom Granit in einem Feldwege zwischen Brod und dem Heiligen Berge aufgenommenes Gestein dienen. Das Gestein ist zwar auch stark vertikal zerklüftet, doch ist die Schieferung weit weniger alterirt und das Spalten in beträchtlich dünnere Platten ohne Schwierigkeit ausführbar. Die Schichtungsklüfte sind öfter mit grossen Fetzen ganz ausgelaugter und farbloser Glimmerblättchen bedeckt, zuweilen liegt sogar grober Quarzgrus in kleinen Zwischenlagen mit ihnen zusammen. Auch die geringere Härte (4,5) und der starke Thongeruch beim Anhauchen zeigen sofort einen weit geringeren Grad der Veränderung an. Die Betrachtung des mikroskopischen Schliffes führte zu demselben Resultate. Neben reichlicher opaker Thonmasse und Blättchen von entfärbtem Glimmer tritt auch bereits ausgebildeter brauner Glimmer in sehr kleinen und nicht scharf begrenzten Schuppen auf, welche sich zu Häufchen ansammeln, auch winzig kleine Andalusit-Nadeln lassen sich mit voller Sicherheit nachweisen, aber kein Magnet-

Digitized by Google

oder Titaneisen. Dagegen sind die schwarzen, matten, am Rande ausgefransten Flecken von organischer Substanz zahlreicher und grösser als in den typischen Hornfelsen.

Die Versuche in der Glührohre und mit dem wässerigen Auszuge liessen nur wenig Unterschied gegenüber den unveränderten Schiefern erkennen. Auch die qualitative Analyse wies wieder dieselben Elemente nach wie in diesen und dem Glimmer-Hornfels und die Silber-Bestimmung des Herrn Mann ergab 0,001 proc. wie bei der vorhin besprochenen Varietät des letzteren.

Man ersieht aus diesen Thatsachen mit grösster Bestimmtheit, dass zwar auch der schon 970 m vom Granit entfernte Schiefer noch von diesem beeinflusst worden ist, was ja mit den Erfahrungen in anderen Gegenden vollständig im Einklange steht, aber doch in sehr geringem Grade.

Ob als mittleres Stadium dieser Veränderung bei Přibram auch Fleckschiefer vorkommen oder nicht, vermag ich nicht zu sagen, unter den mir zugegangenen Gesteins-Proben befindet sich keiner. Dass die an vielen Stellen der Gegend von Přibram und auch in der Drkolnov-Bohutiner Gegend auftretenden Gänge von Diabas, Diorit, Kersantit und Augit-Minette[1]) die Veränderungen der Přibramer Grauwacke und der schwarzen Schiefer nicht bewirkt haben, geht daraus hervor, dass dieselben gänzlich an die Nähe des Granits gebunden, an den zahllosen Contaktstellen der geschichteten Gesteine mit den zuerst erwähnten Felsarten aber nicht warzunehmen sind.[2])

Ganz anders als der seither besprochene Südostrand

1) Vrba Tschermak's Mineralog. u. petrogr. Mittheilungen 1877 S. 223 ff.

2) Neuerdings sind zwar auch in der Nähe von Diabasen Andalusit führende Gesteine bei Weilburg von G. Greim nachgewiesen worden (Jahrb. f. Min. 1888 Bd. I S. 22 ff.), doch steht diese Beobachtung einstweilen noch vereinzelt da.

Digitized by Google

ist der Nordwestrand des böhmischen Silurbeckens beschaffen, er besteht in der That aus ächten krystallinischen Schiefern, wie Gneiss, Glimmerschiefer und Phyllit, welche sich in unverändertem Zustande befinden und von Brandeis an der Elbe bis in den nördlichen Theil des Pilsener Kreises hinüberreichen.

Es wird nun noch nöthig sein, einige Bemerkungen über die mineralogische Zusammensetzung und andere Verhältnisse der Přibramer Granite hinzuzufügen.

In dem nordwestlichen oder Kozicin-Bohutiner Stocke herrschen unter Tag lichtgraue mittel- oder feinkörnige Varietäten vor, welche Glimmer und Oligoklas in verhältnissmässig geringer Menge enthalten und denen Hornblende gänzlich fehlt. Es ist daher auch nicht wahrscheinlich, dass ein schöner mittelkörniger, auch etwas Glimmer führender Diorit, welcher in mehreren grossen Felsblöcken im Granit-Gebiete nächst dem Kozicin-Schachte scheinbar anstehend vorkommt, nur eine Ausscheidung aus dem Granit darstellt.

Die von mir untersuchten Stücke aus dem südöstlichen Granitgebiete zwischen dem Dorfe Jerusalem und dem Städtchen Milin erscheinen meist ziemlich grobkörnig. Weisser Oligoklas ist in ihnen neben röthlichem Orthoklase sehr reichlich vertreten, auch der schwarze Glimmer tritt in grösserer Menge, als in den Gesteinen des Nordwest-Stockes auf. Derselbe wurde qualitativ analysirt, was um so leichter war, als er nach eintägigem Kochen von Salzsäure völlig zersetzt wird. Er enthält Antimon und Arsen in sehr geringer, Blei, Kupfer und Kobalt in etwas grösserer Menge, sehr reichlich ausserdem Eisen und auch Mangan, dann Kali vorwiegend über Magnesia und k e i n Lithion.

Dass er auch Silber enthält, geht aus einer Silberbestimmung hervor, welche Herr Mann mit 100 g des kiesfreien Gesteins-Pulvers vornahm und welche 0,00075 proc. ergab, während feinkörniger glimmerarmer Granit aus dem

Digitized by Google

Kronprinz Rudolf-Schachte nur 0,0002 proc. ergeben hatte. Magneteisen tritt auch vereinzelt auf und bei Milin werden auch Hornblende-Krystalle (Amphibolus ferrosus Breith.) häufiger. Am Merkwürdigsten erscheint aber das häufige Auftreten von länglichen Ausscheidungen eines sehr feinkörnigen Gemenges von sehr kleinschuppigem Glimmer mit Oligoklaskryställchen, in welchen grössere Krystalle des letzteren Minerals perphyrartig eingemengt erscheinen. Trotz der tief schwarzgrünen Farbe ist doch Magneteisen in diesem Gemenge nirgends aufzufinden. Grössere Ausscheidungen machen fast den Eindruck gangförmiger Verzweigungen eines glimmerreichen Eruptiv-Gesteins im Granit, da sie aber überall ohne scharfe Grenze in diesen verlaufen und keinerlei Veränderung an dieser zu bemerken ist, so darf man sie wohl nur für basische Ausscheidungen ansehen, die ja in so vielen Granitgebieten, z. B. Schwarzwald, Vogesen und Fichtelgebirge häufig sind. Die von Grimm[1]) im Granitgebiete angeführten Diorite, welche in h 8—10 streichen und also um 4 Stunden von dem Streichen der Diabas-Gänge im Silurgebiete abweichen, habe ich leider nicht näher kennen zu lernen Gelegenheit gehabt, wohl aber einige andere im Granit-Terrain aufsetzende Felsarten. Die interessanteste ist ein Diallage-Enstatit-Gestein, welches bei Milin vorkommt. Dasselbe besteht aus dunkelgrünem chromhaltigem, ziemlich grossblätterigem Diallage, in welchem zahlreiche, häufig schon in Serpentin umgewandelte Körner von farblosem oder gelblichem Chrysolith[2]) eingewachsen sind, gemengt mit blätterigem lichtbraunem Enstatit. Auch Picotitkörner fehlen nicht. Auf Klüften tritt ein farbloses bis weisses Magnesiasilicat

1) Jahrb. d. k. k. Montan-Lehranstalten 1866 S. 231 ff.

2) Der Chrysolith enthält ausser Magnesia und Eisenoxydul auch verhältnissmässig viel Nickel, Kobalt und Kalk und verhält sich also wie die Kalk-Olivine aus Palaeopikriten und Pikriten, welche meist irrthümlich für typische Chrysolithe gehalten werden.

Digitized by Google

(Kerolith?) in geringer Menge und auf Haarrissen chromhaltiges Magneteisen auf, welches sich aber erst mittelst Magnetstab und Mikroskop deutlich erkennen lässt. Irgend ein Mineral der Feldspath-Gruppe an den übersandten Stücken nachzuweisen gelang nicht. Es erinnert dieses schöne Gestein lebhaft an gewisse Felsarten von Windisch-Matrey und Heiligenblut in Kärnthen und von Todtmoos im Schwarzwald, entfernter auch an eine wenig Plagioklas enthaltende von Schriesheim im Odenwald.

Ein zweites aus dem Granitgebiete eingesandtes Gestein ist Quarzporphyrit von zwei nicht weit von einander entfernten Fundorten. Der eine rührt aus dem 60 m unterhalb der Přibram-Miliner Bezirksstrasse betriebenen Granitbruche her, ist lichtgrau, feinkörnig und von splitterigem Bruch. Er besteht der Hauptsache nach aus mikroskopischen Oligoklas-Partikeln, welchen wenig Orthoklas, Quarz und schwarzbraune Glimmerblättchen eingemengt sind. Hornblende ist noch seltener. Ausserdem sind Magnetkies und Eisenkies, letzterer besonders um und in den Glimmerblättchen ausgeschieden[1]), ziemlich reichlich vorhanden. In noch grösserer Menge erscheinen die Kiese in dem ebenso zusammengesetzten, aber grobkörnigeren Gesteine, welches 72 m südlich von dem ersten ebenfalls in der Nähe der erwähnten Bezirksstrasse aufgesammelt wurde. Der reichlicher vorhandene Glimmer ist hier fast ganz in Chlorit umgewandelt und gleichzeitig hat sich auch mikroskopisches Magneteisen in der Nähe oder in dessen Schuppen abgeschieden. Man könnte, da Herr Hozak nichts Näheres über die Lagerung der Quarzporphyrite mitgetheilt hat, in Zweifel sein, ob es sich um gangförmige Eindringlinge oder um sauerere Ausscheidungen im Granit handelt. Der Umstand, dass ein sehr ähnlicher Quarzporphyrit in den silurischen Schichten am Erbstollen-

1) Untersuchungen über Erzgänge I. S. 28 f.

Digitized by Google

Schlage 250 m nördlich vom Stephans-Schachte als zweifelloser Gang vorkommt, sowie dass ebenfalls äusserst ähnliche Varietäten desselben Gesteins den von dem Přibramer nur durch kleineres Korn unterschiedenen Granit des Blauens bei Badenweiler[1]) stockförmig durchsetzen, veranlasst mich, auch die vorhin beschriebenen Přibramer Gesteine bis zu besserer Belehrung als eruptiv anzusehen.

In welcher Periode die Přibramer Granite und die in ihnen aufsetzenden jüngeren Gesteine hervorgetreten sind, lässt sich wohl jetzt noch nicht ermitteln. Man erfährt aus ihren Lagerungsverhältnissen ja nur, dass sie jünger als die ältesten Ablagerungen des böhmischen Silurbeckens sind. Die analogen Badenweilerer Gesteine aber kommen in Menge als Gerölle im dortigen Culm-Conglomerate vor und sind also älter als die unteren Schichten der Steinkohlen-Formation und möglicherweise der devonischen Periode zuzuschreiben.

Als wichtigste Ergebnisse der seither vorgeführten Untersuchung stellen sich folgende Schlüsse dar:

1. Die tiefsten Schichten des böhmischen Silurbeckens sind am Südost-Rande nicht auf Granit, sondern höchst wahrscheinlich auf Gneiss abgelagert, welcher von ersterem durchbrochen und überdeckt worden ist.

2. Das Material, aus welchem die erwähnten Schichten zusammengesetzt sind, besteht aus Trümmern von Gneiss und Quarzit des Böhmer Waldes vom groben Gerölle an bis zu dem feinsten Thon- und Glimmerstaube. Die Ablagerung derselben erfolgte zweifellos unter Mitwirkung faulender organischer Körper (Algen?, nackthäutige Thiere?). Als deren Zersetzungs-Producte haben sich ausser Anthracit auch Kohlenwasserstoffe sowie eine metallische Lösungen reducirende Säure und stickstoffhaltige Verbindungen in dem

1) A. Wollemann Zur Kenntniss der Erzlagerstätte von Badenweiler. Inaug.-Diss. Würzburg 1887 S. 22 ff.

Digitized by Google

Gesteine erhalten und sind stets leicht nachzuweisen. Die Bezeichnung „azoisch" darf dem entsprechend künftig nur in dem Sinne gebraucht werden, dass noch keine deutlich erhaltenen pflanzlichen oder thierischen Reste in diesen Schichten gefunden worden sind.

3. Da sich in Schweden unter den Schichten mit der sog. Primordial-Fauna noch Sandsteine mit Algen und einer Lingula (Regio Fucoidarum Angelin) vorfinden, so dürfte es einstweilen angemessen erscheinen, die Barrande'schen Etagen B und A mit diesen zu parallelisiren.

4. Der mehr oder weniger ausgeprägte krystallinische Habitus, welchen die schwarzen Schiefer und zum Theil auch die Grauwacken in der Drkolnov-Bohutiner Gruben-Abtheilung angenommen haben, ist lediglich der Einwirkung des Granits zuzuschreiben. Die ersteren wurden durch denselben bis zu 390 m Entfernung in Glimmer-Hornfels, die letzteren in Turmalin-Hornfels umgewandelt. Deutliche Andalusit-nädelchen und neugebildeter schwarzer Glimmer finden sich aber noch in 970 m Entfernung von dem Eruptiv-Gesteine.

5. Die organische Substanz ist nur in solchen Hornfelsen völlig in Anthracit umgewandelt, welche dicht am Granit anstehen, sonst aber in gleicher Form, wie in den unveränderten Schiefern, wenn auch in um so geringerer Menge nachweisbar, je näher die Gesteine dem Granit kommen.

6. Die chemische Zusammensetzung der Silur-Gesteine ist durch die Einwirkung des Granits sonst nur in so weit verändert worden, dass der Wassergehalt in gleichem Verhältnisse mit der Ausscheidung neu gebildeter krystallinischer Mineralien abgenommen hat.

Digitized by Google

Ueber die Abflusskanäle der Endolymphe des inneren Ohres.

Mit Tafel III. IV. V.

Von N. Rüdinger.

(*Eingelaufen 8. Dezember.*)

Der Ductus endolymphaticus, der Aquaeductus vestibuli der älteren Autoren, zeigt bei Säugethieren und dem Menschen eine bisher übersehene Anordnung, welche in phylogenetischer und physiologischer Beziehung eine besondere Würdigung zu verdienen scheint.

Nachdem die entwicklungsgeschichtlichen Untersuchungen von Rathke, Reissner und insbesondere von Boettcher und Kölliker die morphologische Bedeutung des s. g. Aquaeductus vestibuli als Recessus des häutigen Labyrinthes und dessen Beziehung zu den beiden Vorhofssäckchen festgestellt hatten, beobachteten in neuester Zeit Weber-Liel und Zuckerkandl mit Berücksichtigung der alten Angaben von Cotugno bei ihren Injektionsversuchen kleine Kanälchen, welche vom Fundus des Saccus endolymphaticus ausgehen und in der Dura mater der hinteren Schädelgrube ihren Verlauf nehmen sollen. Morphologische Untersuchungen an diesen Kanälchen haben weder Cotugno, noch Weber-Liel angestellt, wesshalb die Deutung der injicirten Anhänge fraglich blieb.

Wenn auch Böttcher später vermuthete, dass diese Bildungen mit jenen zuerst von diesem Forscher beschriebenen epithelialen Seitenkanälchen am s. g. Hals des Ductus

Digitized by Google

endolymphaticus identisch seien, blieb doch die Frage über die Bildungsvorgänge derselben und ihren physiologischen Werth eine offene.

Auch Kölliker[1]) hat die epithelialen Seitenkanälchen am Hals des Endolymphsackes bei Schweineembryonen beobachtet und doch stimme ich, was diese epithelialen Gebilde des Ductus endolymphaticus anlangt, mit Schwalbe überein, der die Identität derselben mit den durch die Injektion gefüllten Zügen am Fundus des Endolymphsackes bezweifelt.

Die von mir zu beschreibenden verschieden langen accessorischen Kanälchen des Saccus endolymphaticus, welche an bestimmten Stellen der unteren und oberen Wand des Fundus desselben bei der Katze, dem Schwein, Rind und anderen Thieren sich entwickeln und dann vervielfältigen, deute ich einerseits als Abflusskanäle für die Endolymphe des häutigen Labyrinthes und glaube andererseits berechtigt zu sein anzunehmen, dass sie die rudimentären Homologa jener Gänge und Säckchen darstellen, welche bei den Fischen, den Batrachiern, Reptilien, insbesondere bei manchen Eidechsen in der mannigfachsten Form und Grösse bekannt geworden sind.

I. Allgemeine Bemerkungen über den Endolymphsack.

Bei dem Studium reichhaltiger Schnittserien von Präparaten über die Entwicklungsvorgänge am Gehörorgane der Wirbelthiere, habe ich auch dem Ductus endolymphaticus in seiner ersten Entstehung und in seiner Differenzirung besondere Aufmerksamkeit geschenkt und zwar zunächst mit Rücksich auf die Frage des Verhaltens der endolymphatischen Abflusswege aus dem inneren Ohr; denn bis zur

1) Kölliker beschreibt Seite 738 seiner Entwicklungsgeschichte „Nebenäste des Saccus endolymphaticus" an der Stelle, wo derselbe im Knochen liegt.

Digitized by Google

Stunde haben wir keine in jeder Hinsicht befriedigende Einsicht über die Entwicklungsart und das Schicksal der Otolithen und über die Bildung und den Abfluss der endolymphatischen Flüssigkeit aus dem häutigen Labyrinth. Während die Forschungen von Hasse[1]) und Retzius über die perilymphatischen Wege des Labyrinthes und der Schnecke sehr werthvolle Ergebnisse geliefert haben, konnte man bisher, wenn wir von Vermuthungen absehen, über die Endolymphwege bei den höheren Wirbelthieren die Untersuchungen nicht als abgeschlossen bezeichnen.

Die Betrachtung mehrerer Serien der Horizontalschnitte von Säugethierembryonen ergibt, dass zwischen den häutigen Labyrinthen trotz allgemeiner Uebereinstimmung mehrfache formelle Verschiedenheiten bezüglich der Säckchen sowohl, als auch der Communikationsröhrchen mit dem Ductus endolymphaticus und an dem letzteren selbst vorhanden sind, die jedoch hier keine specielle Erörterung erfahren sollen.

In den folgenden Mittheiluugen werden nur die Endolymphsäcke einiger höherer Wirbelthiere und des Menschen, die häutigen Labyrinthe derselben, insbesondere die beiden Säckchen in ihren Beziehungen zum Endolymphsack, Erwähnung finden.

Wenn ich mich vorerst der Betrachtung der beiden Säckchen zuwende, so will ich besonders betonen, dass der Utriculus bei der Katze in dem Entwickelungsstadium, welches zur Darstellung der Tafel III gedient hat, langgestreckt lateralwärts im Vestibulum so liegt, dass sein grösster Durchmesser von vorn nach hinten geht und derselbe an seinem dorsalen Ende kantig zugespitzt oder zugeschärft erscheint. Der Sacculus rotundus ergänzt den Utriculus nach vorn und

1) In der Besprechung der Arbeit von Retzius, „das Gehörorgan der Wirbelthiere" nimmt auch Hasse an, dass sogar das Verhalten des perilymphatischen Ganges zu den peripheren Lymphgefässen immer noch einer näheren Untersuchung bedürfe.

Digitized by Google

medianwärts und beide erscheinen schon frühzeitig scharf von einander abgesetzt, während dieselben z. B. beim Schwein sich erst spät gegenseitig abgrenzen. Bei der Katze tritt sehr bald ein wahrhaft rundes Bläschen auf, dessen hintere Wand sich in den Ductus endolymphaticus fortsetzt und zwischen Utriculus und Sacculus rotundus besteht innerhalb des Vorhofes keine Communikation mehr.

Was die Entstehung der den Ductus endolymphaticus mit den die beiden Säckchen verbindenden Kanälchen anlangt, so scheint mir die Deutung derselben als ein Abschnitt der Endolymphbahn oder als ein solcher der Säckchen im Vorhofe ein müssiger Wortstreit zu sein; denn während sich der Endolymphsack nach der hinteren Schädelgrube hin verlängert, differenziren sich der Utriculus und der Sacculus rotundus in dem Vorhofraum und da die beiden Säckchen und der Endolymphsack histogenetisch zusammengehörige, und gemeinsam funktionirende Gebilde darstellen, so ist es auch mit Rücksicht auf die Entstehungsweise der beiden Communikationsröhrchen ganz willkürlich, dieselben als Abtheilungen des Labyrinthes oder als Anfangstheile des Endolymphsackes aufzufassen. Histogenetisch gehen die beiden Säckchen mit ihren Röhrchen und dem ganzen Ductus endolymphaticus aus dem Ohrbläschen hervor und wenn die Differenzirung derselben vollendet ist, stellt der Endolymphsack einerseits einen mit Endolymphe gefüllten bedeutungsvollen elastischen Beutel für die Ausgleichung der Druckdifferenzen in dem häutigen Labyrinth und andererseits eine Abflussröhre für die Endolymphe dar.

Wenn ich auch noch in Kürze hinweise auf die formellen Beziehungen des Ductus endolymphaticus zu den beiden Säckchen, so bilden sich die Communikationsröhrchen zwischen denselben erst in späteren Entwicklungstadien aus dem Recessus labyrinthi einerseits und den beiden Säckchen andererseits so heraus, dass das bleibende Verhältniss bei

Digitized by Google

einem Schweineembryo z. B. erst bei einer Grösse von 43 mm auftritt. Beim Rind und Hund dagegen finde ich die formellen Anordnungen der Säckchen und ihrer Fortsätze schon relativ früh in den Dauerzustand getreten. Die einfachen Oeffnungen, welche anfänglich zwischen dem Hals des Ductus endolymphaticus und den Säckchen vorhanden sind, wandeln sich erst ziemlich spät im Embryo zu wirklichen Kanälchen dadurch um, dass der Scheidewand, welche von vorn und lateralwärts die Trennung der beiden Säckchen bewirkt, zwei dorsale Leisten, eine dorsolaterale und eine dorsomediale entgegenwachsen und die vordere Scheidewand zwischen sich einschliessen.

Die vordere grosse Scheidewand der beiden Säckchen erstreckt sich bis in die Mündung des trichterförmigen Ductus endolymphaticus hinein und die ihr angrenzenden Lücken stellen die Mündungen der beiden Kanälchen des Endolymphkanales dar.

Die topographischen Verhältnisse der einzelnen Abtheilungen des häutigen Labyrinthes werde ich in einer späteren Besprechung eingehend berücksichtigen.

II. Das nähere Verhalten des Ductus endolymphaticus in der hinteren Schädelgrube.

An allen bis jetzt von mir studirten Lymphsäcken musste ich drei formell verschiedene Abschnitte unterscheiden.

Der erstere vordere Abschnitt stellt den erweiterten Introitus des Ductus endolymphaticus, welcher in die beiden Röhrchen für die Säckchen sich fortsetzt, dar. Dieser Eingang ist in der Mehrzahl trichterförmig erweitert und setzt sich bei allmähliger Verengerung in den zweiten Abschnitt, den Hals des Ductus endolymphaticus fort. Dieser ist beim Menschen ungleich weit, und nach innen und unten mit mehreren Längsfalten versehen, welche nach seinem Lumen vorspringen. Der eine Theil des Halses

Digitized by Google

liegt in dem späteren knorpeligen oder knöchernen s. g. Aquaeductus vestibuli osseus und der andere an der hinteren Wand der künftigen Pyramide des Schläfenbeines. An diesen in der hinteren Schädelgrube liegenden Hals reiht sich der dritte Abschnitt, der eigentliche Saccus endolymphaticus mit seinem dorsalwärts kantig oder abgerundeten Fundus an. Der ganze Endolymphsack stellt eine verhältnissmässig grosse, von vorne nach hinten resp. schief von aussen nach innen etwas abgeplattete Blase dar, deren Weite abhängig ist von der jeweiligen Quantität der Endolymphe, welche zur Zeit der Conservirung in ihr enthalten ist. Schon in frühen Entwicklungsstadien berühren sich an dem Halse des Endolymphsackes die vordere laterale und die hintere mediale Wand, und wenn sich die knorpelige Labyrinthkapsel gebildet hat, drängt diese die laterale Wand gegen die mediale so hin, dass nur die letztere bei einer stärkeren Füllung des Endolymphsackes eine Verschiebung nach dem Hirn hin erfahren kann.

Diese Art der Einlagerung des Endolymphsackes in die in seiner Umgebung bald sehr mächtig werdende Dura mater gewährt demselben die Möglichkeit, sich bei stärkerer Füllung nach dem Schädelbinnenraum hin ausdehnen zu können, wobei theils der Inhalt der subduralen Lymphbahnen, theils der Liquor cerebrospinalis und selbst der Inhalt der Blutgefässe verdrängt werden.

Die wechselnde Füllung und Entleerung des Endolymphsackes bei Druckdifferenzen in dem häutigen Labyrinth darf man sich unter normalen Verhältnissen selbstredend nur als minimale Schwankungen in dem Flüssigkeitsquantum vorstellen, welche zunächst abhängig sein werden von den stempelförmigen Bewegungen der Fussplatte des Steigbügels im ovalen Fenster mit Verdrängung der Peri- und Endolymphe.

Auch Kölliker spricht schon von einem Canalis oder

Digitized by Google

Ductus endolymphaticus und einem Saccus endolymphaticus. Allein die besondere Beschaffenheit, welche der hinterste, bei den verschiedenen Thieren ungleich geformte Theil des Endolymphsackes darbietet, macht es wünschenswerth, den bei manchen Thieren scharf abgesetzten Fundus von dem übrigen Sack als besonderen Abschnitt zu unterscheiden.

Ich will an dieser Stelle nicht näher eingehen auf die formellen Verschiedenheiten des Ductus endolymphaticus vestibuli, wie sie sich bei den einzelnen Wirbelthierklassen vorfinden, sondern nur noch hervorheben, dass das ursprünglich einfache Ohrbläschen als Epithelgebilde bei weiterer Differenzirung mit den sich allmählig bildenden Labyrinthräumen und ihrem Gallertgewebe in Verbindung tritt, wobei an der Aussenseite des Epithels eine Bindesubstanzschichte, und schliesslich an den Bogengängen des thierischen und menschlichen Labyrinthes, die drei bekannten Gewebslagen auftreten.

Wie der Ductus endolymphaticus durch Einbettung in die Dura mater fixirt ist, so werden auch alle Theile des häutigen Labyrinthes anfänglich durch ein Gallertgewebe und später durch feste Bindesubstanz an die Knochenhülle angeheftet.

An dem Ductus endolymphaticus hat zuerst Boettcher an dessen Hals, d. h. an dem „durch den Knochen, (resp. Knorpel) hinziehenden Theil des Kanales“ kurze epitheliale Seitenkanäle beobachtet, welche später von Kölliker für das Schwein bestätigt wurden. Diese Kanälchen habe ich auch gesehen, allein ich halte dieselben für keine konstant vorkommenden Gebilde desshalb, weil man dieselben nicht an allen Embryonen beobachtet. Ob diese Kanälchen durch die langen Epithelfalten, welche beim menschlichen Fötus in dem ganzen Halse des Endolymphsackes oben und unten an demselben wahrgenommen werden, erzeugt sind, will ich dahin gestellt lassen. Sind nämlich die Endolymphbahnen

Digitized by Google

im aufgeblähten Zustande zur Darstellung gekommen, so fehlen die Epithelfalten, und gelangte das Labyrinth bei Verlust der Endolymphe zur Conservirung, so zeigen sich Faltenbildungen in langgestreckter Form ziemlich reichlich, wie ich es besonders schön an dem Endolymphsack der Maus zu beobachten Gelegenheit hatte. Beim menschlichen Fötus sind es mehrere grössere faltig vorspringende Leisten im Halse des Ductus endolymphaticus, welche starke Vertiefungen zwischen sich einschliessen. An Querdurchschnitten durch den Ductus springen dieselben an der oberen und unteren Fläche weit in den Binnenraum des Lumens vor. Ob diese Leisten verstreichbare Falten darstellen oder nicht, kann ich mit Hilfe meines zur Zeit vorliegenden Materiales nicht bestimmt entscheiden. (S. Fig. 8 Taf. IV.)

Ein weiteres eigenthümliches Verhalten bieten die Epithelzellen, aus denen der Ductus endolymphaticus hervorgeht, insoferne dar, als dieselben bei der ersten Anlage und in den ersten Entwicklungsstadien gleich gross sind, bei der Vergrösserung des Endolymphsackes aber ein verschieden starkes Wachsthum und demnach eine ungleiche Grösse erlangen, welche an der Tafel III Berücksichtigung fand, alleiu an dieser zwanzigmal vergrösserten Darstellung nicht genügend zum Ausdruck gebracht werden konnte. Während anfänglich die Epithelzellen des Endolymphsackes kubische Formen haben, erfahren dieselben später, wie schon Kölliker und Boettcher angaben, Umwandlungen zu vollständigen Plattenepithelien. An jenen Abschnitten aber, wo die Säckchen mit Nerven in Verbindung treten, sind schon frühzeitig die cylindrischen Formen der Neuroepithelien zugegen. Die letzteren treten anfänglich als eine einfache Lage von Cylinderzellen auf, die sich erst später zu mehreren Lagen differenzirt. An dem Endolymphsack formt sich das kubische Epithel zu einem Plattenepithel um und zwar früher im Sack, als in dem Hals desselben und in den Vorhofsäckchen.

Digitized by Google

Eine besondere Würdigung verdient das Verhalten des Epithels in dem Fundus des Endolymphsackes, worauf ich weiter unten zurückkommen werde.

III. Die Abflusskanäle der Endolymphe des häutigen Labyrinthes.

Nachdem ich zuerst an dem Fundus des Endolymphsackes der Katze verschieden grosse Fortsätze beobachtet hatte, prüfte ich die Schnittserien von Embryonenköpfchen verschiedener Thiere eingehender und fand konstante röhrenförmige Verlängerungen, welche an verschiedenen Stellen vom Fundus des Endolymphsackes ausgehen und sich in die Dura mater einsenken.

Da diese accessorischen Kanäle des Endolymphsackes nicht „an dem durch den Knochen hinziehenden Theil des Ductus endolymphaticus beginnen", so können sie nicht, wie oben schon gesagt wurde, identisch sein mit jenen von Böttcher und Kölliker erwähnten epithelialen Nebenästen, welche diese Forscher am s. g. Hals des Ductus endolymphaticus beobachtet und beschrieben haben.

In der Tafel IV habe ich die Figur 1 halbschematisch nach den Schnitten dargestellt. In frühen Entwickelungsstadien beobachtet man nur eine einfache Röhre (Taf. V), die sich in einem weiter vorgeschrittenen Stadium so theilt, dass zunächst drei, dann vier und schliesslich sieben verschieden weite Röhrchen entstanden sind. Diese Röhrchen beginnen in der Umgebung des hinteren Endes des Ductus endolymphaticus trichterförmig, jedoch so, dass anfänglich nur eine einfache Ausbuchtung vorhanden ist, welche sich erst in geringer Entfernung von demselben in einzelne kleinere hintere, obere und mehrere grössere untere Röhrchen fortsetzt.

Die Art der Theilung wird auch an den Figuren 2, 3, 4

Digitized by Google

und 5 der Tafel IV erkannt, indem die Figura 2 den Anfangstheil der Ausstülpung des Saccus endolymphaticus darstellt, während in der Figur 3 schon vier, in der Figur 4 drei grössere und zwei kleinere Röhrchen aufgetreten sind. Die fünfte Figur ergibt, dass man es an tieferen Horizontalschnitten mit cylindrischen engen Kanälchen zu thun hat, welche ungleich weit, ziemlich dicht gedrängt an einander liegen.

Die Tafel V enthält in den Figuren 1—6 von dem jüngeren Katzenfötus die einfache Röhre sowohl des rechten als auch des linken Saccus endolymphaticus.

Die Figur 7 der Tafel V stellt die Horizontalschnitte der Abflussröhren des Endolymphsackes vom Schweineembryo und die Figur 8 und 9 jene vom Ductus endolymphaticus des Rindsembryo dar.

An den Figuren 1 und 4 ergibt sich, dass der Anfangstheil des Ganges in der Nähe seiner Mündung am Fundus des endolymphatischen Sackes eine etwas plattgedrückte Form darbietet und demnach am Querschnitt eine länglich ovale Form zeigt. Nach abwärts kleiner werdend, behält er die erwähnte Form noch bei, um am untersten Ende in ein cylindrisches Röhrchen überzugehen.

Wie die eine einfache Röhre im früheren Entwicklungsstadium, ebenso nehmen auch die mehrfachen Kanälchen des älteren Embryo von oben nach unten an Dicke ab, und enden abgerundet in der Dura mater. Die sieben einzelnen Kanälchen grenzen mehr oder weniger dicht aneinander, indem die sie trennende Bindesubstanz schwach entwickelt und von dem übrigen Gewebe der Dura mater noch nicht differenzirt erscheint. Ihre symmetrische Anordnung auf beiden Seiten und ihre tief nach abwärts gehende Einsenkung in die Dura mater, sowie die oben von innen nach aussen übereinstimmend abgeplattete und unten regelmässig cylindrische Form sprechen für die Constanz der Bildung dieser Röhr-

Digitized by Google

chen und für eine ganz bestimmte morphologische und physiologische Bedeutung derselben.

Die Einlagerung derselben in die Dura mater und ihre aus dem Saccus endolymphaticus hervorgehende Entwickelung lassen a priori annehmen, dass ihre histologische Beschaffenheit nicht abweichen wird von jener des Ductus endolymphaticus selbst. Wie an diesem kann man anfänglich nur eine einfache epitheliale Röhre unterscheiden, an welcher die kubischen Zellen allmählig niedriger werden und an ihrer Aussenseite einen Beleg aus Bindesubstanz erhalten. Bei der Entstehung der Röhrchen schieben sich die aus kubischen Zellen bestehenden Cylinder mehr und mehr dorsalwärts und drängen immer tiefer in das lockere Gewebe der Dura mater ein.

Die einfachen, aus kubischen Zellen bestehenden Hohlcylinder werden grösser und länger und der Hohlraum des Saccus endolymphaticus setzt sich während ihres Wachsthumes in diese Epithelcylinder hinein fort. In den ersten Entwicklungsstadien zeigt somit der Querschnitt eines Kanälchens einen Epithelring, welcher ein helles Lumen umrahmt (S. Taf. IV und V.)

Für die Deutung dieser Kanälchen scheinen zwei Anordnungen von besonderem Interesse zu sein. Die erste Anordnung, die ich meine, bezieht sich auf das Verhalten der Epithelzellen am Fundus des Saccus endolymphaticus und die zweite betrifft die verhältnissmässig grossen Lymphräume, welche die Kanälchen von oben bis unten umschliessen und sich in die röhrenförmig angeordneten Lymphräume, welche sich den Abflussröhren des Endolymphsackes unmittelbar anreihen, fortsetzen.

a) Was zunächst die Epithelzellen des Endolymphsackes anlangt, so zeigen dieselben, wie schon Kölliker angegeben, von den beiden Säckchen im Vorhofe an, bis zu dem hintersten Abschnitt des Endolymphsackes, eine ziemlich regel-

Digitized by Google

mässige, wenn auch in vorgeschrittenen Entwicklungsstadien ungleich grosse Beschaffenheit. Man sieht am Fundus des Sackes einzelne Zellen und Zellengruppen, welche gegen den Binnenraum desselben vorrücken und andere, die die convexen kleinen Buchten des Sackes innen auskleiden. An einzelnen Stellen des dorsalen Endes des Blindsackes treten ebenfalls cylinderförmig gestaltete Verlängerungen auf, welche nur Rudimente der beschriebenen unteren Röhrchen darstellen. Von diesen Fortsätzen spricht meiner Meinung nach Reissner, wenn er über die feinen Mündungen des Recessus labyrinthi Angaben macht. Von den Faltenbildungen, welche zuweilen auch an Querschnitten eine cylindrische Form besitzen, unterscheiden sich diese Epithelfortsätze ganz wesentlich. Sie sind charackteristisch dadurch, dass in vorgeschrittenen Entwicklungsstadien die einzelnen Zellen derselben keine regelmässige Anordnung darbieten und hier sowohl, als auch in den beschriebenen Abflussröhren interepitheliale Lücken nachweisen lassen, welche mit den Lymphspalten in der Dura mater direkt communiciren. An keiner Stelle des endolymphatischen Ganges zeigen die einzelnen Zellen so weite Abstände und Unregelmässigkeiten in ihrem gegenseitigen Verhalten, als in dem hinteren Ende desselben, das man bisher blind endigen liess. Während in dem Säckchen des Vorhofes, dem Halse und Körper des Endolymphsackes bei grösseren Embryonen die Epithelzellen, durch Kittsubstanz innig mit einander vereinigt, eine regelmässige Anordnung haben, zeigen sich in dem Fundus des Sackes stellenweise grössere Abstände der einzelnen Zellen von einander.

Hier befindet sich demnach eine siebförmig durchbrochene Stelle des Sackes, welche ich nicht anders deuten kann, als dass dieselbe der Endolymphe Durchlass nach den Lymphspalten und somit nach Lymphgefässen der Dura mater gewährt. An den Horizontalschnitten eines etwa 3 Monat alten

Digitized by Google

menschlichen Fötuskopfes zeigen sich an dem hintersten Ende des Endolymphsackes scharf abgegrenzte Lücken, welche sich in die subduralen Lymphspalten medialwärts am Sinus sigmoideus fortsetzen. Das allmähliche Kleinerwerden der kubischen Zellen spricht für direkte Fortsetzung des Sackes in die Lymphbahnen.

b) Die Lymphräume und Lymphspalten in der Umgebung des dorsalen Endes des Endolymphsackes sowohl, als auch um die beschriebenen Abflusskanälchen herum, müssen an allen Schnittserien nicht nur bei der Katze, sondern auch bei anderen Säugethieren sofort in die Augen fallen. In der Nähe des Endolymphsackes stellen dieselben lichte, weite Räume dar, welche unterhalb des Lymphsackes in röhrenförmig angeordnete Bahnen übergehen.

In Figur 6 Tafel IV ist eine genaue Copie dieser subduralen Lymphspalten wiedergegeben, von denen die Mehrzahl derselben als Querschnitte von dünnwandigen Röhrchen auftreten. Auch an der noch einfachen Abflussröhre des Endolymphsackes bei einem jüngeren Katzenembryo von 22 mm Länge sind die grossen weiten Lymphbahnen so angeordnet, wie sie in der Tafel V Figur 1—10 wiedergegeben sind. Sie umrahmen die Röhrchen allseitig und stellen unregelmässige weite Scheiden derselben dar, so dass die epithelialen Abflussröhrchen des Endolymphsackes von grossen weiten Lymphscheiden vollständig umgeben sind und die Bindesubstanz der Dura mater erst an diese Scheiden sich anschliesst.

Alle diese Lymphräume müssen ja schon frühzeitig in Funktion kommen und in dem Verhältniss, als die Differenzirung des häutigen Labyrinthes fortschreitet und alle Räume desselben sich erweitern, muss eine Bewegung in der Strömung der Lymphe sowohl, als auch in der Endolymphe, die sich unzweifelhaft kontinuirlich erneuert, stattfinden. Schon frühzeitig müssen diese Apparate in Funktion treten und daher

Digitized by Google

sind die perilymphatischen Bahnen im Embryo relativ mehr ausgebildet, als nach dem vollständigen Aufbau der Gehörapparate.

Kritische Schlussbetrachtung.

Schon aus der Beschreibung der an dem Ductus endolymphaticus angebrachten Kanälchen und ihrer Beziehungen zu den Lymphbahnen geht hervor, dass man es hier mit konstant vorkommenden Gebilden zu thun hat, welche eine zweifache Deutung zulassen:

1) Wie schon im Eingang dieser Besprechung angegeben wurde, fasse ich dieselben als die Abflusswege für die Endolymphe des häutigen Labyrinthes auf und

2) dürfen dieselben als die verkümmerten Anhänge des häutigen Labyrinthes in der hinteren Schädelgrube betrachtet werden, welche z. B. bei den Elasmobranchiern ausgebildet bis an die Kopfoberfläche reichen. Dieselben besitzen eine sehr variable Form und Grösse und gelangen, wie bei Phylodactylus europaeus selbst über die Grenze des Schädels hinaus.

Was zunächst die Deutung der Kanälchen als Abflusswege für die Endolymphe anlangt, muss zunächst daran erinnert werden, dass schon Cotugno bei seinen Injectionsversuchen „Gefässchen, Venulae lymphaticae" zur Darstellung brachte und Weber-Liel ebenfalls bei Injektionen wahrgenommen hat, dass an dem Fundus des Saccus endolymphaticus kleine Kanälchen zur Füllung gelangten, welche in die Dura mater hinein verfolgt werden konnten. Es ist naheliegend, dass man derartigen Injektionsergebnissen mit Misstrauen begegnet, um so mehr, wenn man die Schwierigkeit bedenkt, welche für eine abgegrenzte Injektion des Labyrinthes gegeben ist. Die peri- oder endolymphatischen Räume mit Sicherheit durch eine Injektionsmasse zur Füllung

Digitized by Google

zu bringen, ohne dass von der einen Bahn in die andere die Masse übertritt, kann nur ein Spiel des Zufalles, aber nicht der Berechnung sein. Auch dem Kundigsten und Geschicktesten wird es schwer fallen, eine Injektion in die Säckchen oder in die häutigen Bogengänge so auszuführen, dass z. B. nur die endolymphatischen Räume ohne Grenzüberschreitung der Bogengänge, ohne Zerreissung der Säckchen sich füllen. Leichter sind die perilymphatischen Räume für eine Injektion zugänglich; denn dieselben sind nach der Eröffnung eines knöchernen Bogenganges oder des Vorhofs sofort freigelegt und mit einer zugespitzten Glasröhre oder der Kanüle einer Injektionsspritze leicht zu erreichen. Am leichtesten können dieselben nach der Methode Hasse's vom sekundären Trommelfell aus injicirt werden.

Alle bisherigen Bemühungen, die Abflusswege für die Endolymphe aufzudecken, lieferten daher keine in allen Beziehungen befriedigende Resultate.

Hasse's morphologische Studien führten diesen Autor anfänglich zu der Annahme, dass der Saccus endolymphaticus mit den Lymphbahnen des Subduralraumes communiciren, während er auf Grund späterer Forschungen diese Anschauung als nicht zulässig erachtete und es mit Schwalbe, welcher auch mit Hilfe von Injektionen den perilymphatischen Raum von den Subduralräumen aus füllte, für wahrscheinlich hielt, dass die Endolymphe in den Arachnoidealscheiden der zu dem häutigen Labyrinth gelangenden Nerven und Gefässe ihren Abfluss finde. Die Endolymphe müsste nach dieser Auffassung durch das Neuroepithel und somit in den interepithelialen Räumen nach dem inneren Gehörgang und von diesem aus nach den Lymphbahnen der Schädelhöhle gelangen.

Die bisherige Annahme, dass der Saccus endolymphaticus bei den höheren Wirbelthieren blind endige, ist aber nach der oben gegebenen Beschreibung der Kanälchen am

Digitized by Google

Fundus des Saccus endolymphaticus nicht mehr haltbar. Während der Entwicklung des häutigen Labyrinthes lässt sich der Nachweis liefern, dass

1) der Recessus labyrinthi, aus welchem der Saccus endolymhaticus hervorgeht, die Grenze dieses Sackes in Form von Röhren überschreitet und

2) mittelst interepithelialer Spalten und auch grösserer Lücken an die Lymphbahnen unmittelbar angrenzt resp. in dieselben sich direkt fortsetzt.

Die schönen Forschungsresultate von Hasse und Retzius, welche für viele niedere Wirbelthiere festgestellt haben, dass der endolymphatische Gang bis an die Grenze des Schädels reicht und diese auch weit überschreitet, mussten einen Zweifel über den blinden Abschluss des Saccus endolymphaticus bei höheren Wirbelthieren wachrufen. Der Nachweis der direkten Communikation des Endolymphsackes mit den subduralen Lymphbahnen bei vielen Thieren und dem Menschen ist unzweifelhaft geliefert und derselbe schliesst denn auch die Antwort für die Art des Abflusses der Endolymphe in sich ein.

Boettcher hatte hervorgehoben: „dass der Recessus labyrinthi sich gerade dadurch wesentlich von den übrigen Theilen der Labyrinthblase unterscheide, dass sich in seiner Umgebung kein accessorischer Hohlraum entwickele. Der epitheliale Kanal verwachse allseitig mit seiner Umgebung und erscheine nach erfolgter Verknöcherung in der Felsenbeinpyramide von dem Periost des knöchernen Aquaeductus vestibuli und an seinem hinteren blinden Ende von der Dura mater dicht umschlossen."

Diese Angaben des verdienstvollen Autors können nur für gewisse Stellen des Ductus endolymphaticus auf Geltung

Digitized by Google

Anspruch machen. Denn in dem Knorpel oder dem späteren Knochenkanal der Pars petrosa steht der Ductus endolymphaticus nicht nur mit dem Perichondrium, dem späteren Periost, sondern auch mit den Gefässen im knöchernen Aquaeductus vestibuli und mit den perilymphatischen Bahnen in demselben in Zusammenhang. Der mittlere Abschnitt des Saccus endolymphaticus vereinigt sich an seiner medialen dorsalen Fläche mit der Dura mater so innig, dass beide an dem Embryo einer Katze von 75 mm Länge nicht scharf von einander abgrenzt sind. Die laterale vordere Wand dagegen geht in höheren Entwickelungsstadien mit dem Periost der Pars petrosa eine innige Verschmelzung ein, und das ganze hintere Ende des Sackes ist in eine mächtige Schichte Bindesubstanz, welche von zahlreichen Lymphspalten durchsetzt ist, eingelagert. (S. Fig. 6 Taf. IV.)

An einer Stelle tritt der Fundus des endolymphatischen Sackes so mit dem Sinus sigmoideus in Contakt, dass die Wände beider mit einander innig vereinigt sind und der Sack von dem Sinus eine Impression erhält.

Im Innern des Endolymphsackes begegnet man zuweilen verschieden geformten, netzartig angeordneten Zügen, welche von einer Wand zur anderen gelangen und meiner Meinung nach nur als Gerinnungsprodukte der Endolymphe, nicht aber als bindegewebige Stränge angesehen werden dürfen. Es liegen hier Bildungen vor, wie sie im Innern der Säckchen ganz gewöhnlich zur Beobachtung gelangen.

Wenn meine Beobachtungen die einfachste Deutung erfahren, so ist die nächstliegende die, dass die Abflusswege für die Endolymphe in den beschriebenen Kanälchen vorliegen und eine ganze Reihe von Anordnungen in der Schnecke, den Säckchen mit den Bogengängen und dem Saccus endolymphaticus finden eine ungezwungene Erklärung.

Dass die Endolymphe ebenso wie der Liquor cerebrospinalis eine kontinuirliche Erneuerung erfährt, darf a priori

Digitized by Google

angenommen werden, und es muss demnach auch für einen einfachen Abflussweg Vorkehrung getroffen sein, und dieser ist meiner Auffassung nach gegeben in der Beziehung der kleinen Röhrchen des Endolymphsackes zu den Lymphspalten und Lymphräumen der subduralen Schichte der Dura mater ganz ähnlich, wie der in den Hirnhöhlen und dem Canalis centralis des Rückenmarkes befindliche Liquor cerebrospinalis durch das Foramen Magendii und die Aperturae laterales ventriculi quarti (Key und Retzius) Abflusswege nach aussen in die Lymphbahnen der Umhüllungen des centralen Nervensystems findet. Die genannten Oeffnungen sowohl, als auch der von mir in meinen Vorlesungen schon seit vielen Jahren besprochene, von Merkel und Mierzejewsky beschriebene längliche Spalt am Unterhorn des Seitenventrikels stellen Communicationen der aus dem Ectoderm hervorgehenden Höhlen des Centralnervensystems mit den äusseren Lymphbahnen dar.

Nach meiner Auffassung versteht man auch die Bedeutung des Canalis reuniens, welcher die Lymphe aus dem Ductus cochlearis in das runde Säckchen und von diesem in den Endolymphsack abführt.

Ebenso wird auch klargestellt, warum der Utriculus ebenso, wie das runde Säckchen nicht nur beim Embryo, sondern auch bei den erwachsenen Wirbelthieren und dem Menschen eine Communikation mit dem Endolymphsack besitzt und warum dieser Sack ausserhalb der Pars petrosa, ausserhalb der knöchernen Kapsel des Gehörorganes seine Lage hat. Derselbe konnte keine günstigeren Beziehungen zu den Lymphbahnen haben, als an jener Stelle, wo auch ein Theil der perilymphatischen Räume des inneren Abschnittes des Gehörorganes in die subduralen Lymphgefässe sich fortsetzen.

Die wohlbegründete Annahme von Boettcher, dass der Abfluss der Perilymphe wesentlich durch den Aquaeductus cochleae, an welchem der genannte Autor diesen und den Canalis venosus cochleae unterscheidet, stattfinde, an

Digitized by Google

welch' ersterem das Endothelhäutchen der Scala tympani direkt in die Wandung des Lymphgefässstammes übergehe, spricht nicht gegen die über allen Zweifel festgestellte Thatsache, dass der perilymphatische Gang im Aquaeductus vestibuli cartilagineus oder dem späteren osseus nach den Subdural-Räumen sich fortsetzt.

Dass der Saccus endolymphaticus als elastische Blase nebenbei auch noch eine physiologische Bedeutung für die Ausgleichung von Druckdifferenzen im Labyrinth hat, dürfte aus seiner Form und Grösse geschlossen werden. Eine einfache epitheliale Röhre wäre ja für den Abfluss der Endolymphe auch genügend gewesen, während der Recessus labyrinthi sich bei allen bis jetzt untersuchten höheren Wirbelthieren und dem Menschen zu einer sackartigen Erweiterung von relativ bedeutenden Dimensionen ausbildet. Wäre dieser Endolymphsack nicht in der Schädelhöhle, sondern im Innern des Labyrinthraumes angebraucht, so könnten sich Druckdifferenzen bei Vermehrung oder Verminderung der Endolymphe schwerer ausgleichen, als im Innern der Schädelhöhle, wo Blut und Lymphe leichter entweichen, dies um so mehr, wenn der Endolymphsack eine direkte Beziehung zu den Gefässbahnen hat.

Nahe liegend ist die phylogenetische Deutung der beschriebenen Bildungen am Saccus endolymphaticus.

Nachdem für viele niedere Wirbelthiere der Nachweis erbracht ist, dass die Endolymphsäcke des Gehörorganes nach der Schädelhöhle und selbst über deren Grenze hinaus sich fortsetzen, so können die beschriebenen Kanälchen mit dem Saccus endolymphaticus bei den höheren Wirbelthieren, welche die knöcherne Kapsel des inneren Gehörorganes auch überschreiten, als rudimentäre, homologe Bildungen jener bekannten grossen Endolymphkanäle der niederen Wirbelthiere aufgefasst worden. Freilich bleiben auch hier noch Räthsel in grosser Zahl bestehen. Während Retzius bei den Elas-

Digitized by Google

mobranchiern die direkte Communikation der Endolymphsäcke mit der Kopfoberfläche nachgewiesen hat, münden dieselben bei sehr vielen Thieren nicht an der äusseren Haut, sondern stehen im Innern mit Ableitungsbahnen der Endolymphe in Zusammenhang und dieser Zusammenhang bedarf mehrfach noch der Klarstellung.

Beschreibung der Tafeln.

Tafel III.

Horizontalschnitt durch den Kopf eines Katzenembryos 20/I vergrössert. Der ganze Ductus endolymphaticus mit dem Utriculus und dem Sacculus rotundus sind allseitig sichtbar. Die Abbildung stellt eine genaue Copie des Präparates dar.

1) Der Knorpel der Pars petrosa.
2) Utriculus.
3) Sacculus rotundus.
4) und 5) Communikationen derselben mit dem Ductus endolymphaticus.
6) Erweiterter Hals des Ductus endolymphaticus.
7) Isthmus des Ductus endolymphaticus.
8) Fundus des Ductus endolymphaticus.
9) Häutige Bogengänge des Labyrinthes.
10) Sinus sigmoideus.

Tafel IV.

Fig. 1. Schematische Darstellung des Saccus endolymphaticus mit seinen Fortsätzen nach einem Präparat vom Katzenembryo.

1) Fundus des Saccus endolymphaticus.
2) Eine kleine kanalartige Ausbuchtung am hinteren Ende des Fundus.
3) Eingänge in die unteren accessorischen Abflusskanäle.
4) Die sich theilenden Abflusskanälchen.
5) Bindesubstanz der Dura mater, in welche der Saccus endolymphaticus und seine Fortsätze eingelagert sind.
6) Ein Abflusskanälchen an der oberen Wand.

Fig. 2. Horizontaler Schnitt unter dem Saccus endolymphaticus, resp. Querschnitte der accessorischen Abflusskanäle nach einem Präparat vom Katzenembryo.

a) Querschnitt an dem trichterförmigen Eingang in die Kanälchen.

Digitized by Google

Fig. 3. Horizontalschnitt unterhalb des Sackes, resp. Querschnitt der Kanälchen noch tiefer unten, nachdem die Theilung in drei grössere b, und ein kleineres c, Kanälchen stattgefunden hat. Nach demselben Objekt wie Fig. 2.

Fig. 4. Horizontalschnitt desselben Objektes unterhalb des Sackes, resp. Querschnitt der Kanälchen, nachdem sich eine Theilung bis fünf vollzogen hat. (d. e.)

Fig. 5. Horizontalschnitt wie oben mit einer siebenfachen Theilung der Kanälchen, welche grössere (f) und kleinere (g) Durchmesser besitzen.

Die Figuren 2—6 sind Kopfdurchschnitten eines 35 mm langen Katzenembryos entnommen.

Fig. 6. Nach einem Horizontalschnitt des Kopfes eines Katzenembryo unter den Kanälchen.

1) Knochenbildende Zellenschichte.
2) Zellenlage, welche die innere Fläche der Dura mater, resp. das parietale Blatt der Arachnoidea bildet.
3) Mächtige Entwicklung der Dura mater und der lockeren subduralen Schichte.
4) Grosse, meist cylindrisch erscheinende Lymphräume, welche in der Nähe des Saccus endolymphaticus weite Scheiden um die Abflusskanäle bilden.
5) Querschnitt des Sinus sigmoideus s. transversus.

Fig. 7. Schematische Darstellung der Endolymphbahnen des häutigen Labyrinthes mit Einschluss des Ductus cochlearis.

Die Pfeile deuten die Wege an, welche die Endolymphe bei ihrem Abfluss nach den Lymphgefässen hin nimmt.

1) Ductus cochlearis.
2) Canalis reuniens.
3) Sacculus rotundus.
4) Utriculus.
5) Bogengang.
6) Kanälchen des Sacculus rotundus für den Endolymphsack.
7) Kanälchen des Utriculus für den Endolymphsack.
8) Hals des Ductus endolymphaticus.
9) Fundus des Endolymphsackes.
10) Kleine kanalartige Verlängerung des Endolymphsackes.
11) Abflusskanälchen, welche sich in die Lymphbahnen fortsetzen.

Fig. 8. Querschnitt des Ductus endolymphaticus innerhalb des Knorpels, kurz vor dem Austritt desselben aus dem Vestibulum.

1) Obere Längsfalten querdurchschnitten.
2) Untere Längsfalten.
3) Ductus perilymphaticus.
4) Blutgefäss.

Digitized by Google

Tafel V.

Querschnitte der accessorischen Abflusskanäle des Endolymphsackes verschiedener Säugethiere.

Fig. 1, 2 und *3*. Horizontalschnitte, entnommen von einfachen Kanälchen des rechten Gehörorganes eines 22 mm langen Katzenembryo. Die erste Figur stellt den trichterförmigen Eingang zu dem in diesem Entwicklungsstadium einfachen Kanälchen dar.

a) Epithelialer oval geformter Kanal.
b) Mittlerer Abschnitt des Kanälchens.
c) Querschnitt des Kanälchens in der Nähe seines unteren Endes. Der Buchstabe g deutet auf kleine Lymphspalten.

Fig. 4, 5 und *6* stellen Querdurchschnitte des einfachen Kanälchens des linken Gehörorganes desselben Katzenembryos dar, dem die Figuren 1, 2 und 3 entnommen sind. d, e und f stellen den Querdurchschnitt des einfachen Abflusskanales dar. In Form und Grösse stimmen dieselben mit jenen Schnitten vom rechten Gehörorgan überein.

Die Buchstaben h, i und k deuten auf die grossen Lymphräume hin, welche das einfache Rohr in seiner ganzen Ausdehnung umgeben.

Fig. 7. Querdurchschnitte der Abflusskanälchen des Ductus endolymphaticus von einem 43 mm langen Schweinsembryo.

In den noch aus Zellen bestehenden Schichten, welche den Saccus endolymphaticus umgeben, erscheinen die kleineren (l) und grösseren Kanälchen (m) quer durchschnitten.

Fig. 8 und *9* stellen die quer durchschnittenen Kanälchen vom Saccus endolymphaticus eines 30 mm langen Rindsembryo dar. Der Buchstabe n deutet auf die fünf Röhrchen hin, welche in noch geringer Entfernung von dem Sack auf dem Querschnitt getroffen sind. Der Buchstabe o bezeichnet die drei Endausläufer der Röhrchen.

Fig. 10. Hinteres Ende des Endolymphsackes vom 3 Monat alten menschlichen Fötus 184/1.

1) Kubisches Epithel des Endolymphsackes.
2) Bindegewebe des Sackes und der Dura mater.
3) Scharfe Grenze des Epithels mit einer Spalte, welche sich
4) in die Lymphspalten fortsetzt.

Digitized by Google

Ueber die Bildung der Discriminante einer ternären Form.

Von Paul Gordan.

(*Eingelaufen 17. Dezember*)

Im 7. Band der Math. Annalen findet sich ein Aufsatz von Dersch über Doppeltangenten. Dort steht pag. 510 die Formel

$$\psi(y) = (abc)^2 \sum_{k+\lambda+\mu=n-2} a_y^k b_y^\lambda c_y^\mu a_x^{n-2-k} b_x^{n-2-\lambda} c_x^{n-2-\mu}$$

Die geometrische Bedeutung dieser Covariante von

$$F = a_x^n$$

ist folgende. Legt man durch einen Punkt x der Curve F eine Tangente f(y), so schneidet dieselbe aus F nach $n-2$ weitere Schnittpunkte aus. Die Curve $\psi(y)$ $(n-2)^{ten}$ Ordnung geht durch dieselben hindurch.

Ist nun x ein Doppelpunkt von F, so verschwindet ψ für alle Werthe von y. So erhält man da $\psi(y)$ $\frac{n(n-1)}{2}$ Coefficienten besitzt $\frac{n(n-1)}{2}$ Curven

$$\mathfrak{F}_1, \mathfrak{F}_2 \ldots\ldots \mathfrak{F}_{\frac{n(n-1)}{2}} \qquad \text{I.}$$

vom Grade $2n-4$ in den x, welche sämmtlich durch den Doppelpunkt von F gehen.

Digitized by Google

Ist φ eine allgemeine Funktion von x vom Grade n—3, so gehen die Curven

$$\varphi.F_1, \varphi.F_2, \varphi.F_3 \qquad \text{II}$$

ebenfalls durch den Doppelpunkt von F. Die Form φ hat $\frac{(n-1)(n-2)}{2}$ Coefficienten; mithin gibt es

$$3 \cdot \frac{(n-1)(n-2)}{2}$$

Formen II.

Die Anzahl der Formen I und II ist

$$\frac{(2n-2)(2n-3)}{2}$$

also ebenso gross als die Anzahl der Glieder in einer solchen Form.

Wir bilden aus den Formen I und II die Determinante D der Coefficienten. Dieselbe ist in den Coefficienten der Formen I vom Grade $\frac{n(n-1)}{2}$ und in denen der Formen II vom Grade $3 \cdot \frac{(n-1)(n-2)}{2}$; also in den Coefficienten der Form F vom Grade

$$3 \cdot \frac{n(n-1)}{2} + 3\frac{(n-1)(n-2)}{2} = 3(n-1)^2.$$

Hieraus folgt, dass D die Discriminante von F ist.[1])

1) Vergleiche hiemit die von Sylvester gegebene Methode, die Resultante von drei ternären Formen gleichen Grads in Determinantenform zu bilden. Salmon-Fiedler „Algebra der linearen Transformationen" p. 102; Faà de Bruno „Théorie de l'Élimination" p. 139.

Digitized by Google

Oeffentliche Sitzung

zur Nachfeier der Allerhöchsten Namensfeste Seiner Majestät des Königs und Seiner Königlichen Hoheit des Prinzregenten

am 15. November 1887.

Wahlen.

Die in der allgemeinen Sitzung vom 23. Juli vorgenommene Wahl neuer Mitglieder hatte am 3. November die allerhöchste Bestätigung erhalten; es werden verkündiget:

A. Als ordentliches Mitglied:

Herr Dr. Hugo Seeliger, o. ö. Professor für Astronomie an der k. Universität München und Direktor der k. Sternwarte in Bogenhausen, bisher ausserordentliches Mitglied.

B. Als ausserordentliches Mitglied:

Herr Dr. Leonhard Sohncke, o. Professor der Experimentalphysik an der k. technischen Hochschule in München.

C. Als auswärtiges Mitglied:

Herr Nikolaus v. Kokscharow, kais. russ. Geheimer Rath in St. Petersburg, bisher correspondirendes Mitglied.

D. Als correspondirendes Mitglied:

Herr Dr. Max Nöther, a. o. Professor für Mathematik an der k. Universität Erlangen.

Digitized by Google

Digitized by Google

Verzeichniss der eingelaufenen Druckschriften

Juli bis December 1887.

Die verehrlichen Gesellschaften und Institute, mit welchen unsere Akademie in Tauschverkehr steht, werden gebeten, nachstehendes Verzeichniss zugleich als Empfangsbestätigung zu betrachten. — Die zunächst für die I. und III. Classe bestimmten Druckschriften sind in deren Sitzungsberichten 1887 Band II Heft 3 verzeichnet.

Von folgenden Gesellschaften und Instituten:

Royal Society of South Australia in Adelaide:

Transactions and Proceedings. Vol. IX. for 1885—86. 1887. 8°.

University of the State of New-York in Albany:

38. and 39. annual Report on the New-York State Museum of natural history for the years 1884 und 1885. 1885—86. 8°.

K. zoologisch Genootschap in Amsterdam:

Bijdragen tot de Dierkunde. Aflev. 13. 1886. fol.

Johns Hopkins University in Baltimore:

American Journal of Mathematics. Vol. IX. No. 4. Vol. X. No. 1. 1887. 4°.

American Chemical Journal. Vol. IX. No. 3—6. 1887. 8°.

Naturforschende Gesellschaft in Bamberg:

XIV. Bericht. 1887. 8°.

Naturforschende Gesellschaft in Basel:

Verhandlungen. Th. VIII. Heft 2. 1887. 8°.

K. Natuurkundige Vereeniging in Nederlandsch-Indië zu Batavia:

Natuurkundig Tijdskrift van Nederlandsch-Indië. Deel 46. 1887. 8°.

Museum in Bergen:

Aarsberetning for 1886. 1887. 8°.

Digitized by Google

Permanente Commission der internationalen Erdmessung in Berlin:

Verhandlungen der 8. allgem. Conferenz der internationalen Erdmessung. 1887. 4°.

Deutsche chemische Gesellschaft in Berlin:

Berichte. 20. Jahrgang. No. 11—17. 1887. 8°.

Deutsche geologische Gesellschaft in Berlin:

Zeitschrift. Bd. 39. Heft 2. 1887. 8°.

Physiologische Gesellschaft in Berlin:

Verhandlungen. Jahrg. 1886—87. No. 1—10. 16—18. 1887—88. No. 1 bis 3. 8°.

Centralblatt für Physiologie. 1887. No. 1—20. Leipzig 1887. 8°.

K. Preuss. geodätisches Institut in Berlin:

Astronomisch-geodätische Arbeiten I. Ordnung. Telegraphische Längenbestimmungen in den Jahren 1885 und 1886. 1887. 4°.

Jahresbericht des Direktors des k. geodätischen Instituts 1886/87. 8°.

Präcisions-Nivellement der Elbe. III. Mittheilung. 1887. 4°.

K. geologische Landesanstalt und Bergakademie in Berlin:

Abhandlungen zur geologischen Spezialkarte von Preussen. Bd. VII, 3. VII, 4 mit Atlas, VIII, 2 mit Atlas.

Zeitschrift für Instrumentenkunde in Berlin:

Zeitschrift. 7. Jahrg. 1887. Heft 6—12. 8. Jahrg. 1888. Heft 1. 1887 bis 1888. gr. 8°.

Naturforschende Gesellschaft in Bern:

Mittheilungen aus dem Jahre 1886. No. 1143—1168. 1887. 8°.

Verhandlungen in Genf vom 10—12. August 1886. Nebst französischer Uebersetzung. Genf 1886. 8°.

Philosophical Society in Birmingham:

Proceedings. Vol. V. part 2. Session 1886—87. 1887. 8°.

Gewerbeschule in Bistritz:

XIII. Jahresbericht für 1886/87. 1887. 8°.

Naturhistorischer Verein der preussischen Rheinlande in Bonn:

Verhandlungen. 44. Jahrgang. I. Hälfte. 1887. 8°.

Société de géographie commerciale in Bordeaux.

Bulletin. 1887. No. 13—23. 1887. 8°.

American Academy of Arts and Sciences in Boston:

Proceedings. Vol. XXII. part 1. 1887. 8°.

Memoirs. Centennial Volume. Vol. XI. Part. 4. No. 5. 1886. 4°.

Digitized by Google

Blue Hill Meteorological Observatory in Boston:

Results of the meteorological Observations made in the year 1886. 1886. 4⁰.

Verein für Naturwissenschaft zu Braunschweig:

3. und 4. Jahresbericht für die Jahre 1881/82—1885/86. 1883—87. 8⁰.

Académie Royale de médicine in Brüssel:

Bulletin. IV. Série. Tom. I. No. 6—10. 1887. 8⁰.
Mémoires couronnés. Collection in 8⁰. Tom. VIII. fasc. 2. 3. 4. 1887. 8⁰.

Société Royale malacologique de Belgique in Brüssel:

Annales. Tom. XXI. 1886. 8⁰.
Procès verbaux des séances. tom. XIII. p. I—LXXX. 1887. 8⁰.

K. Ungarische Akademie der Wissenschaften in Budapest:

Mathematische und naturwissenschaftliche Berichte aus Ungarn. Bd. IV. 1886. 8⁰.
Értekezések a mathematikai tudományok köréből. Bd. XIII, 1. 2. 1886—87. 8⁰.
Értekezések a természet tudományok köréből. XV, 19. XVI, 1—6. XVII, 1. 1885—87. 8⁰.
Mathematikai közlemények. Bd. XXI, 2—5. 1885. 8⁰.
Mathematikai értesitö. Bd. IV, 7—9. V, 1—5. 1886—87. 8⁰.

K. ungarische geologische Anstalt in Budapest:

Jahresbericht für 1885. 1887. 8⁰.
Évkönyve. Bd. VII, 6. VIII, 5. 1887. 8⁰.
Mittheilungen aus dem Jahrbuche. Bd. VII, 6. VIII, 5. 1887. 8⁰.
Földtani közlöny. Bd. XVII. Heft 1—6. 1887. 8⁰.

Oficina meteorologica Argentina in Buenos-Aires:

Anales. Tomo V. 1887. 4⁰.

Society of natural sciences in Buffalo:

Bulletin. Vol. V. No. 2. 1886. 8⁰.

Instituto y Observatorio de marina de San Fernando in Cadix:

Almanaque nautico para 1888, 1889. Madrid 1886—87. 8⁰.

Meteorological Department of the government of India in Calcutta:

Meteorological Observations. Febr.—June 1887. fol.

Geological Survey Office of India in Calcutta:

Memoirs. Palaeontologia Indica. Series XII. Vol. IV. part 2. Series XIII. Vol. I. part. 6. 1886. fol.
Catalogue of the remains of Siwalik Vertebrata by Rich. Lydekker. Part. I. II. 1885—86. 8⁰.

Digitized by Google

Catalogue of the romains of pleistocene and pre-historic Vertebrata. by Rich. Lydekker. 1886. 8°.
Records. Vol. XX. part 3. 1887. 4°.

Philosophical Society in Cambridge:

Proceedings. Vol. VI. part 2. 1887. 8°.

Museum of comparative zoology in Cambridge, Mass.:

Bulletin. Vol. XIII. No. 4. 5. 1887. 8°.
Memoirs. Vol. XVI. No. 1. 2. 1887. 4°.
Annual Report for 1886—87. 1887. 8°.

K. sächsisches meteorologisches Institut in Chemnitz:

Jahrbuch. 4. Jahrg. Lief. 1. 1887. 4°.

Editorial Committee of the Norwegian North-Atlantic Expedition in Christiania:

Den Norske Nordhavs-Expedition 1876—1878. No. XVIII. a & b. H. Mohr, Nordhavets dybder. 1887. fol.

Meteorologisches Institut in Christiania:

Beobachtungs-Ergebnisse der Norwegischen Polar-Station Bossekop in Alten, van Aksel S. Steen. Th. I. 1887. 4°.

Universität in Christiania:

Viridarium Norvegicum. Norzes Vaextrige, af F. C. Schübeler. Bd. I, 2 und II, 1. 1886. 4°.
Forhandlinger ved de Skandinaviske Naturforskeres. 13de möde i Christiania 7—12. Juli 1886. 1887. 8°.
Lakis kratere og lava strömme, af Amund Helland. 1886. 4°.

Naturforschende Gesellschaft Graubündens in Chur:

Jahresbericht. N. F. 30. Jahrgang 1885/86. 1887. 8°.

Chemiker-Zeitung in Cöthen:

Chemiker-Zeitung. 1887. No. 51—102. 1887. fol.

Academia nacional de ciencias in Córdoba (República Argentina):

Boletin. Tomo IX. entrega 1—4. Buenos-Aires 1886. 8°.
Actas. Tomo V. entrega 3. Buenos-Aires 1886. 4°.

École polytechnique in Delft:

Annales. Tom. III. Livr. 2. 3. Leiden 1887. 4°.

Colorado scientific Society in Denver:

Proceedings. Vol. II, 2. 1886. 8°.

Digitized by Google

Naturforscher-Gesellschaft bei der Universität Dorpat:

Sitzungsberichte. Bd. VIII. Heft 1. (1886). 1887. 8⁰.
Archiv für die Naturkunde Liv-Esth- und Kurlands. I. Serie. Bd. IX. Lief. 4. 1887. 8⁰.

Union géographique du Nord de la France in Douai:

Bulletin. Tom. 8. Jan.—Febr. 1887. 8⁰.

Royal Geological Society of Ireland in Dublin:

Journal. Vol. XVIII. part 2. 1887. 8⁰.

Geological Society in Edinburgh:

Transactions. Vol. V. part 3. 1887. 8⁰.

Naturforschende Gesellschaft in Emden:

71. Jahresbericht 1885/86. 1887. 8⁰.

Reale Accademia dei Georgofili in Florenz:

Atti. Serie IV. Vol. IX. Supplemento. Vol. X. disp. 1. 2. 1886—87. 8⁰.

Biblioteca Nazionale in Florenz:

Pubblicazioni del R. Istituto di studi superiori. Sezione di medicina:
Esegesi medico legale sul methodus testificandi di Giovan Battista Codronchi, per Angiolo Filippi. 1883. 8⁰.
Archivio della scuola d'anatomia patologica. Vol. II. 1883. 8⁰.
Sezione di scienze fisiche:
Osservazioni continue della elettricità atmosferica, da Ant. Ròiti. 1884. 8⁰.
Linee generali della fisiologia del cervelletto, da Luigi Luciani. 1884. 8⁰.
Bollettino delle pubblicazioni italiane 1887. No. 36—45. 1887. 8⁰.

Senckenbergische naturforschende Gesellschaft in Frankfurt a/M.:

Bericht. 1887. 8⁰.

Naturwissenschaftlicher Verein des Reg.-Bez. in Frankfurt a/O.:

Monatliche Mittheilungen. 5. Jahrg. 1887. No. 1—6. 1887. 8⁰.

Physikalischer Verein in Frankfurt a/M.:

Jahresbericht für die Jahre 1885—86. 1887. 8⁰.

Naturforschende Gesellschaft in Freiburg i. Br.:

Berichte. 1. Band. 1886. 8⁰.

Observatoire astronomique in Genf:

Résumé météorologique de l'année 1886 pour Genève et le Grand Saint-Bernard. 1887. 8⁰.

Digitized by Google

Oberhessische Gesellschaft für Natur- und Heilkunde in Giessen:

25. Bericht. 1887. 8°.

Verein der Aerzte in Steiermark in Graz:

Mittheilungen. 23. Vereinsjahr 1886. 1887. 8°.

Naturwissenschaftlicher Verein für Steiermark in Graz:

Mittheilungen. Jahrg. 1886. Heft 23. 1887. 8°.

Archiv der Mathematik und Physik in Greifswald:

Archiv. 2. Reihe. 5. Theil. 3. Heft. Leipzig 1887. 8°.

Naturwissenschaftlicher Verein für Neu-Vorpommern und Rügen in Greifswald:

Mittheilungen. 18. Jahrgang 1886. 1887. 8°.

Teyler Genootschap in Haarlem:

Archives du Musée Teyler. Ser. II. Vol. 3. part 1. 1887. 8°.
Catalogue de la Bibliothèque par C. Ekama. Livr. 5. 6. 1886. 8°.

Holland'sche Maatschappij der Wetenschappen in Haarlem:

Natuurkundige Verhandelingen. 3de Verzameling. Deel V. stuk 1. 1887. 4°.
Archives Néerlandaises des sciences exactes et naturelles. Tom. XXI. livr. 5. Tom. XXII. livr. 1. 2. 3. 1887. 8°.

Kaiserlich Leopoldinisch-Carolinische deutsche Akademie der Naturforscher in Halle:

Leopoldina. 1887. Heft XXIII. No. 11—20. 1887. 4°.

Naturwissenschaftlicher Verein für Sachsen und Thüringen in Halle a/S.:

Zeitschrift für Naturwissenschaften. Bd. 60. Heft 1. 2. 1887. 8°.

Wetterauische Gesellschaft für die gesammte Naturkunde in Hanau:

Bericht vom 1. April 1885 bis 31. März 1887. 8°.

Naturhistorisch-medicinischer Verein zu Heidelberg:

Verhandlungen. N. F. Bd. IV. Heft 1. 1887. 8°.

Finländische Gesellschaft der Wissenschaften in Helsingfors:

Bidrag till kännedom af Finlands natur och folk. Heft 44. 1887. 8°.
Exploration internationale des régions polaires 1882—83 et 1883—84. Expedition polaire Finlandaise. Tom. II. Magnétisme terrestre. 1887. 4°.

Siebenbürgischer Verein für Naturwissenschaften in Hermannstadt:

Verhandlungen und Mittheilungen. 37. Jahrg. 1887. 8°.

Digitized by Google

Medicinisch-naturwissenschaftliche Gesellschaft zu Jena:

Jenaische Zeitschrift für Naturwissenschaft. Bd. XX. Heft 4. Bd. XXI. Heft 1. 2. 1887. 8°.

Ministerialkommission zur Untersuchung der deutschen Meere in Kiel:

Ergebnisse der Beobachtungs-Stationen. Jahrg. 1886. Heft 7—12. Berlin 1887. 4°.
5. Bericht für die Jahre 1882—1886. 1887. fol.

Société Vaudoise des sciences naturelles in Lausanne:

Bulletin. 3e Ser. Vol. XXIII. No. 96. 1887. 8°.

Archiv für Mathematik und Physik in Leipzig:

Archiv. II. Reihe. 5. Theil. Heft 2. 4. 1887. 8°.

Astronomische Gesellschaft in Leipzig:

Vierteljahresschrift. 22. Jahrg. Heft 2. 3. 1887. 8°.

Gesellschaft für Erdkunde zu Leipzig:

Mittheilungen 1886. Heft 1. 2. 3. 1887. 8°.

K. Sächsische Gesellschaft der Wissenschaften in Leipzig:

Abhandlungen der math.-phys. Classe. Bd. XIV. No. 1—4. 1887. 4°.

Journal für praktische Chemie in Leipzig:

Journal. N. F. Bd. 35. No. 8—12. und 19. Bd. 36. No. 2—7. 1887. 8°.

K. K. Bergakademie in Leoben:

Programm für das Jahr 1887/88. Wien 1887. 8°.

Royal Institution of Great Britain in London:

Proceedings. Vol. XI. part 3. No. 80. Vol. XII. part. 1. No. 81. 1887. 8°.
List of the Members 1886 and 1887. 1886/87. 8°.

Zeitschrift „Nature" in London:

Nature. 1887. Vol. 36. No. 920—937. London gr. 8°.

Her Majesty's Stationary Office in London:

Transit of Venus, 1882. Report of the Committee. 1887. fol.
Report of the scientific Results of H. M. S. Challenger. Zoology. Vol. XX. XXI (Text und Atlas). XXII. 1887. 4°.

Royal Society in London:

Proceedings. Vol. 42. No. 256—259. 1887. 8°.
Philosophical Transactions. 1886. Vol. 177. part. I. II. 1887. 4°.
List of the Fellows. 30. November 1886. 4°.

Digitized by Google

R. Astronomical Society in London:

Monthly Notices. Vol. 47. No. 8. 9. Vol. 48. No. 1. 1887. 8°.

Chemical Society in London:

Journal. No. 296—301. July—Dec. 1887. 8°.
Abstracts of the Proceedings. Session 1887—88. No. 41—43. 8°.

The Linnean Society in London:

The Journal. a) Zoology. Vol. 20. No. 117. Vol. 21. No. 127—129.
b) Botany. Vol. 22. No. 148. 149. Vol. 24. No. 158. 1887. 8°.
The Transactions. a) Zoology. Vol. IV. part 2.
b) Botany. Vol. II. part 10. 13. 14. 1887. 4°.
Proceedings. Nov. 1886—June 1887. 8°.
List of the Fellows. January 1887. 8°.

Royal Microscopical Society in London:

Journal. 1887 part 4. 5. 6. 1887. 8°.

Zoological Society in London:

Proceedings. 1887 part I. II. III. 1887. 8°.

Institut Royal-Grand-Ducal, Section des sciences naturelles et mathématiques in Luxemburg:

Observations météorologiques. Vol. III. IV. 1887. 8°.

Washburn Observatory of the University of Wisconsin in Madison:

Publications. Vol. V. 1887. 8°.

Naturwissenschaftlicher Verein in Magdeburg:

Jahresbericht und Abhandlungen. 1886. 1887. 8°.

R. Istituto Lombardo di Scienze in Mailand:

Pubblicazioni del reale osservatorio di Brera. No. XXIX. XXXI. XXXII. 1887. fol. 1887. 4°. No. VII. parte 2. 1885. fol.

Società Italiana di scienze naturali in Mailand:

Atti. Vol. XXIX. fasc. 1—4. 1886. 8°.

Sociedad de geografia y estadistica in Mexico:

Boletin. 3ª época, tom. VI, No. 4—9. 1887. 8°.

Sociedad de historia natural in Mexico:

La Naturaleza. Tom. VII. entrega 19—24. 1887. fol.

Digitized by Google

Sociedad scientifica „Antonio Alzate" in Mexico:

Memorias. Tom. I. cuad. 1—4. 1887. 8°.

Società dei Naturalisti in Modena:

Atti. Anno XX. Ser. III. Vol. 5. 1886. 8°.

Société Royale du Canada in Montréal:

Mémoires et Comptes rendus pour l'année 1886. Tom. IV. 1887. 4°.

Société Impériale des Naturalistes in Moskau:

Bulletin. 1887. No. 3. 1887. 8°.

Deutsche Gesellschaft für Anthropologie in Berlin und München:

Correspondenzblatt. 18. Jahrg. No. 6—9. 1887. 4°.

Technische Hochschule in München:

Programm für das Jahr 1887/88. 1887. 8°.
Bericht über das Jahr 1886/87. 1887. 4°.
Personalstand. W.-S. 1887—88. 1887. 8°.

Accademia delle scienze fisiche e matematiche in Neapel:

Rendiconto. Anno 25. (1886) Fasc. 4—12. 4°.

Zoologische Station in Neapel:

Mittheilungen. Bd. VII. Heft 2. Berlin 1887. 8°.

North of England Institute of Min. and Mechan. Engineers in New-Castle-upon-Tyne:

Transactions. Vol. 36. part 3. 4. Vol. 37. part 1. 1887. 8°.

American Journal of science in New-Haven:

The American Journal of science. Vol. XXXIII. No. 196—200. Vol. XXXIV. No. 201. 202. April—Oct. 1887. 8°.

Academy of sciences in New-Orleans:

Papers read before the Academy 1886—87. 1887. 8°.

Academy of Sciences in New-York:

Transactions. Vol. V. No. 7 und 8. 1886. 8°.
Annals. Vol. III. No. 11. 12. Vol. IV. No. 1. 2. 1886—87. 8°.

American chemical Society in New-York:

The American Chemist. Vol. VII. No. 10. 1877. 8°.

American geographical Society in New-York:

Bulletin. Vol. XIX. No. 2. 3. 1887. 8°.

Nederlandsche botanische Vereeniging in Nijmegen:

Nederlandsch kruidkundig Archief. II. Ser. 5. Deel. 1. Stuk. 1887. 8°.

Digitized by Google

Naturhistorische Gesellschaft in Nürnberg:

Jahresbericht 1886. 1887. 8°.

Neurussische naturwissenschaftliche Gesellschaft in Odessa:

Sapiski. Bd. XII. Heft 1. 1887. 8°.

Geological and Natural History Survey of Canada in Ottawa:

Rapport annual (Nouv. Série). Vol. I. 1885. 1886. 8°.

Académie de médecine in Paris:

Bulletin. 1887. No. 26—52. 1887. 8°.

Académie des sciences in Paris:

Comptes rendus. Tom. 104. No. 26. Tom. 105. No. 1—26. 1887. 4°.
Oeuvres complètes de Laplace. Tom. VII. 1886. 4°.

Comité international des poids et mesures in Paris:

Procès-verbaux des séances de 1886. 1887. 8°.

Internationales Meteorologisches Comité in Paris:

Bericht über die Verhandlungen in Paris, 1—7. September 1887. Hamburg 1887. 8°.

École polytechnique in Paris:

Journal. Cahier 56e. 1886. 4°.

Moniteur scientifique in Paris:

Moniteur scientifique. livr. 547—553. Juillet—Déc. 1887. Janv. 1888. 1887—88. gr. 8°.

Muséum d'histoire naturelle in Paris:

Nouvelles Archives. II. Serie. Tom. VIII, 2. IX, 1. 1886. 4°.

Revue internationale de l'électricité in Paris:

Revue. 3e Année. 1887. Tom. IV. No. 36—44. Tom. V. No. 45—48. 1887. 4°.

Société d'anthropologie in Paris:

Bulletins. 3e Série. Tom. X. fasc. 2. 1887. 8°.

Société de géographie in Paris:

Compte rendu. 1887. No. 12—16. 1887. 8°.
Bulletin. 7e Serie. tom. VIII. trimestre 1. 2. 3. 1887. 8°.

Second geological Survey of Pennsylvania:

The geologic distribution of natural gas in the United States by Charles A. Ashburner. St Louis 1886. 8°.
The geologic relations of the Nanticoke Disaster, by Charles A. Ashburner. 1887. 8°.

Digitized by Google

Kaiserliche Akademie der Wissenschaften in St. Petersburg:

Mélanges biologiques. Tom. XII. livr. 2. 1885. 8°.

Comité géologique in St. Petersburg:

Bulletins. Vol. VI. No. 6—10 et Supplements. 1887 8°.
Mémoires. Vol. IV. Nr. 1. Vol. II. No. 4. 5. Vol. III. No. 3. 1887. 4°.

Mineralogische Gesellschaft in St. Petersburg:

50 jähriges Jubiläum des Akademikers Nic. J. Kokscharow von A. J. Münster (russisch). 1887. gr. 8°.

Physikalisches Central-Observatorium in St. Petersburg:

Annalen. Jahrg. 1886. Theil 1. 1887. 4°.
Repertorium für Meteorologie. Bd. X. 1887. 4°.

Chemisch-physikalische Gesellschaft an der Kais. Universität in St. Petersburg:

Schurnal. Tom. 19. Heft 6. 7. 8. 1887. 8°.

Academy of natural sciences in Philadelphia:

Proceedings. 1887. part I. II. 1887. 8°.

Alumni Association of the College of Pharmacy in Philadelphia:

23. annual Report for the year 1886—87. 1887. 8°.

Wagner Free Institute of Science in Philadelphia:

Transactions. Vol. I. 1887. 8°.

American Philosophical Society in Philadelphia:

Proceedings. Vol. XXIV. No. 125. 1887. 8°.

R. Scuola normale superiore in Pisa:

Annali. Ser. VIII. Vol. 4. 1887. 8°.

Società Toscana di scienze naturali in Pisa:

Atti. Processi verbali. Vol. V. p. 227—306. 1887. 4°.
Atti. Memoire. Vol. VIII. fasc. 2. 1887. 8°.

K. Böhmische Gesellschaft der Wissenschaften in Prag:

Abhandlungen. Classe für Mathematik. VII. F. Bd. 1. 1886. 4°.

Gesellschaft der Mathematiker und Physiker in Prag:

Casopis. Bd. XVI. Heft 1—6. 1886. 8°.

K. Sternwarte in Prag:

Magnetische und meteorologische Beobachtungen im Jahr 1886. 47. Jahrg. 1887. 4°.

Digitized by Google

Naturwissenschaftlicher Verein in Regensburg:

Correspondenzblatt. 40. Jahrgang. 1887. 8°.

Naturforscher-Verein zu Riga:

Korrespondenzblatt des Naturforscher-Vereins. 30. Bändchen. 1887. 8°.

Club de engenharia in Rio de Janeiro:

Revista mensal. Anno I. No. 1—3. 1887. 8°.

R. Accademia dei Lincei in Rom:

Osservazioni astronomiche e fisiche. Memoria terza di G. V. Schiaparelli. 1886. 4°.

Accademia Pontificia de' nuovi Lincei in Rom:

Atti. Anno 38. Sessione 1—4. 1886. 4°.

R. Comitato geologico d'Italia in Rom:

Bollettino. 1887. No. 3—8. 1887. 8°.

Ufficio centrale meteorologico Italiano in Rom:

Annali. Ser. II. Vol. VI. parte 2. 1884. 1887. 8°.

Bataafsch Genootschap der proefonder-vindelijke wijsbegeerte in Rotterdam:

Steven Hoogendijk door A. Huet. 1887. 4°.

American Association for the Advancement of science in Salem:

Proceedings. 34. und 35. Meeting 1885 and 1886. 1886/87. 8°.

Essex Institute in Salem:

Bulletin. Vol. 18. No. 1—12. 1887. 8°.
The Morse Collection of Japanese Pottery. 1887. fol.

California Academy of sciences in San Francisco:

Bulletin. Vol. II. No. 6. 7. 1887. 8°.

Bureau de la recherche géologique de la Suède in Stockholm:

Sveriges geologiska undersökning. Ser. Aa. No. 92. 94. 97—99. 101. 102. Ser. Ab. No. 11. 12. Ser. Bb. No. 5. Ser. C. No. 65. (Heft 1.) 78—90 mit Karten in Folio. 1887. 8°.

Société des Sciences in Strassburg:

Bulletin mensuel. Tom. XXI. 1887. fasc. de Juillet, Octobre, Novembre. 1887. 8.

Digitized by Google

Observatorio astronómico nacional de Tacubaya, Mexico:

Anuario para 1888. Anno VIII. 1887. 8°.

Physikalisches Observatorium in Tiflis:

Magnetische Beobachtungen in den Jahren 1884—85. 1887. 4°.

Kaiserliche Universität in Tokyo (Japan):

College of Science Journal. Vol. I. part 3. 4. 1887. 4°.
Medicinische Facultät: Mittheilungen. Bd. I. No. 1. 1887. 4°.

Commission géologique et d'histoire naturelle du Canada in Toronto:

Mappes, etc. accompagnant le Rapport annuel pour 1885.

Canadian Institute in Toronto:

Proceedings. 3. Series. Vol. 5. fasc. 1. 1887. 8°.

Società Adriatica di scienze naturali in Triest:

Bolletino. Vol. X. 1887. 8°.

Zeitschrift „der Naturforscher" in Tübingen:

Der Naturforscher. Jahrg. 1887. No. 28—52. 1888. No. 1. 2. 1887—88. 4°.

Accademia Reale delle scienze in Turin:

Bolletino dell' Osservatorio della Regia Università di Torino. Anno XXI. (1886). 1887. 4°.

National Academy of Sciences in Washington:

Memoirs. Vol. III. part. 2. 1886. 4°.

Bureau of Ethnology in Washington:

4 th annual Report. 1882—83. 1886. 4°.

Department of the Interior in Washington:

Monographs of the U. S. Geological Survey. Vol. X. 1886. 4°.

War Department, Corps of Engineers. U. S. Army in Washington:

Report upon the third international Geographical Congress and Exhibition at Venice, Italy, 1881. 1885. 4°.

Smithsonian Institution in Washington:

Miscellaneous Collections. Vol. 28—30. 1887. 8°.
Annual Report. Juli 1885. Part I. 1886. 8°.
Scientific Writings of Joseph Henry. Vol. I. II. 1886. 8°.
Classified List of Publications of the Smithsonian Institution. 1883. 8°.

United States Naval Observatory in Washington:

Report of the Superintendent for the year 1886—87. 1887. 8°.

Digitized by Google

Chief Signal Office U. S. Army in Washington:

Report. 1885. part I. II. 1885. 8°.

United States Geological Survey in Washington:

6 th annual Report 1884—85. 1885. gr. 8°.
Bulletin No. 34—39. 1886—87. 8°.

Landwirthschaftliche Centralschule in Weihenstephan:

Jahresbericht pro 1886/87. Freising 1887. 8°.

Naturwissenschaftlicher Verein des Harzes in Wernigerode:

Schriften. 2. Bd. 1887. 8°.

K. K. Akademie der Wissenschaften in Wien:

Denkschriften. Math.-naturw. Classe. Bd. 51. 52. 1886—87. 4°.
Sitzungsberichte. Math.-naturw. Classe. I. Abtheilung. Bd. 93. Heft 4. 5. Bd. 94. Heft 1—5. 1886—87. 8°.
II. Abtheilung. Bd. 93. Heft 3—5. Bd. 94. Heft 1—5. Bd. 95. Heft 1. 2. 1886—87. 8°.
III. Abtheilung. Bd. 93. Heft 1—5. Bd. 94. Heft 1—5. 1886—87. 8°.

K. K. Central-Anstalt für Meteorologie in Wien:

Jahrbücher. Jahrg. 1885. (N. F. Bd. XXII). 1886. 4°.

Geologische Reichsanstalt in Wien:

Jahrbuch. 1887. Bd. 37. Heft 1. 4°.
Verhandlungen. 1887. No. 2—8. 4°.

Anthropologische Gesellschaft in Wien:

Mittheilungen. Bd. XVII. Heft 2. 1882. 4°.

K. K. Gesellschaft der Aerzte in Wien:

Medizinische Jahrbücher. 1887. Heft 5—9. 1887. 8°.

Zoologisch-botanische Gesellschaft in Wien:

Verhandlungen. Jahrg. 1887. Bd. 37. Quartal 1. und 2. 8°.

Naturhistorisches Hofmuseum in Wien:

Annalen. Bd. II. Nr. 3. 4. 1887. 8°.

Verein zur Verbreitung naturwissenschaftlicher Kenntnisse in Wien:

Schriften. Bd. XXVII. Jahrg. 1886/87. 1887. 8°.

Nassauischer Verein für Naturkunde in Wiesbaden:

Jahrbücher. Jahrg. 40. 1887. 8°.

Physikalisch-medicinische Gesellschaft in Würzburg:

Verhandlungen. N. F. Bd. 20. Bd. 21. No. 2. 1887. 8°.

Digitized by Google

Deutsche Gesellschaft für Natur- und Völkerkunde Ostasiens in Yokohama:

Mittheilungen. 36. und 37. Heft. 1887. fol.

Naturforschende Gesellschaft in Zürich:

Vierteljahresschrift. 32. Jahrg. Heft 1. 1887. 8°.

Von folgenden Herren:

Emil Baum in Câmpina, Rumänien:

Ein Combinations-Studium über die Entwicklungsgeschichte der Erdkruste. Wien 1887. 8°.

Rodolfo Buccico in Neapel:

L'acido nitrico nella cura dei calcoli urinari. Neapel 1887. 8°.

E. C. Cotes in Calcutta:

A Catalogue of the moths of India. Part I. Sphinges. 1887. 8°.

F. C. Donders in Utrecht:

Onderzoekingen gedaan in het physiologisch Laboratorium. III. Reeks X. 2de stuk. Utrecht 1887. 8°.

Anton Ganser in Graz:

Das Ende der Bewegung. 1888. 8°.

Georg Geyer in Wien:

Ueber die Lagerungsverhältnisse der Hierlatz-Schichten in der südlichen Zone der Nordalpen. Wien 1887. 8°.

Edmund Hébert in Paris:

Phyllades de Saint-Lô. Paris 1887. 8°.

Albert von Kölliker in Würzburg:

Ueber Sehnerven-Degeneration und Sehnerven-Kreuzung. 1887. fol.
Ueber Golgi's Untersuchungen den feineren Bau des centralen Nervensystems betreffend. 1887. 8°.
Ueber die Entstehung des Pigmentes in den Oberhautgebilden. Leipzig 1887. 8°.

J. Wickham Legg in London:

On the Bile, Jaundice and bilious Diseases. 1880. 8°.

E. Regel in St. Petersburg:

Allii species Asiae centralis. 1887. 8°.
Descriptiones plantarum nonnullarum horti imperialis botanici. 1887. 8°.

Digitized by Google

Ferdinand Rosenberger in Frankfurt a/M.:

Die Geschichte der Physik. Theil I. II. III, 1. Braunschweig 1882 bis 1887. 8°

Arcangelo Scacchi in Neapel:

La regione vulcanica fluorifera della Campana. Neapel 1887. 4°.
Catalogo dei minerali Vesuviani. Neapel 1887. 4°.

Adolf Schmidt in Jena:

Geologie des Münsterthals. Theil II. Heidelberg 1887. 8°.

M. Stern in Zürich:

Zur Theorie der Funktion E (x). 1887. 4°.

Michele Stossich in Triest:

I distomi dei pesci marini e d'acqua dolce. 1886. 8°.
Brani di elmintologia Tergestina. Ser. III. IV. V. 1887. 8°.

G. Vom Rath in Bonn:

Laurionit und Fiedlerit. Bonn 1887. 8°.
Einige geologische Wahrnehmungen in Griechenland. Bonn 1887. 8°.
Einige mineralogische und geologische Mittheilungen. Bonn 1887. 8°.

Clemens Winkler in Freiburg:

Mittheilungen über das Germanium. Leipzig 1887. 8°.

Digitized by Google

Namen-Register.

v. Bauernfeind Carl Maximilian 433.
Böhm A. A. 53.
v. Braunmühl A. 63.

Eichler August Wilhelm (Nekrolog) 87.

Finsterwalder S. 33.

Götz H. 195.
Gordan Paul 477.
v. Gümbel C. W. 221.

Haushofer Carl 133.
Hessler Franz 43. 137

Königsberger Leo 423.
Kohlrausch Friedrich 3. 11. 23.
v. Kokscharow Nikolaus (Wahl) 479.
Kurz A. 195.

Lommel Eugen 95.

Meyer Oskar Emil 343.

Nöther Max (Wahl) 479.

v. Oppolzer Theodor (Nekrolog) 75.

v. Pettenkofer Max 179.
Pfaff Friedrich (Nekrolog) 89.

Digitized by Google

Radlkofer Ludwig 365.
Reis Otto 151.
Renard Karl J. (Nekrolog) 73
Rüdinger Nikolaus 1. 69. 455.

v. Sandberger Friedrich 433.
Seeliger Hugo (Wahl) 479. 195.
Sohncke Leonhard (Wahl) 479.

v. Voit Carl 63. 73.
Voss Aurel 2.

Wartmann Elias (Nekrolog) 83.

Digitized by Google

Sach-Register.

Ablagerungen, älteste im böhmischen Silurbecken 433.
Algebraische Beziehungen zwischen den Fundamentalintegralen 423.

Befruchtung des Neunaugeneies 53.
Bolonostomus, dessen Beziehung zum lebenden Lepidosteus 151.

Capparis-Arten 365.
Centrafläche, projektive, einer algebraischen Fläche n^{ter} Ordnung 2.

Diskriminante einer tertiären Form 477.
Druckschriften, eingegangene 327. 481.

Elektrometrische Untersuchungen 195.
Endolymphe, Abflusskanäle derselben 455.

Flächen 2. Grades, katoptrische Eigenschaften derselben 33.

Gase, Gesundheitsschädlichkeit derselben 179.
Gehirn Gambetta's 69.
Germaniumsulfid, mikroscopische Formen 133.

Heilkunde der alten Inder 137.

Kost eines Vegetarianers 63.

Magnet, Berechnung der Fernwirkung desselben 23.

Naturgeschichte der alten Inder 43.
Nekrologe 73. 75. 83. 87. 89.

Digitized by Google

Refraktion, terrestrische 433.
Reibung, innere nach Coulomb's Verfahren 343.

Saturn, Theorie der Beleuchtung desselben 195.
Schädel, künstlich verunstaltete der Südseeinsulaner 1.
Schlier von Ottnang 221.
Selbstinduction eines Leiters mittels inducirter Ströme 3.

Wahlen 479.
Widerstandsverhältnisse, elektrische 11.

Zurückwerfung, Photometrie der diffusen 95.

Digitized by Google

Fig. 1.

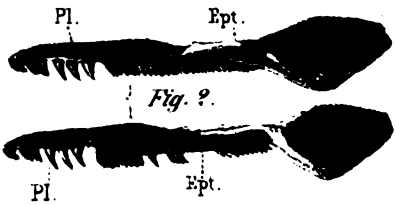


Fig. 2.

Fig. 3.

STANFORD LIBRARY

Fig. 4.

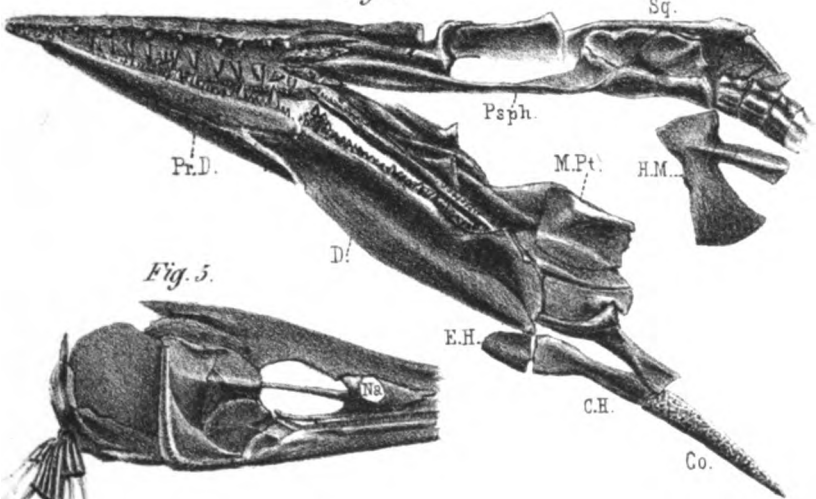


Fig. 5.

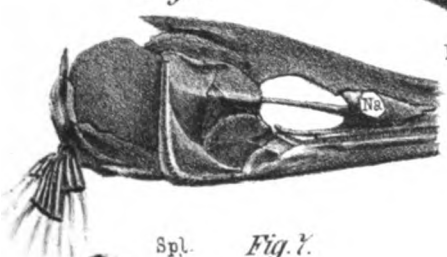


Fig. 7.

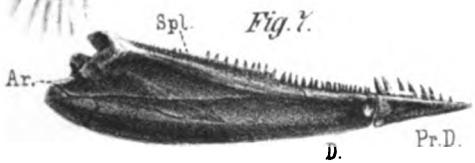


Fig. 6.

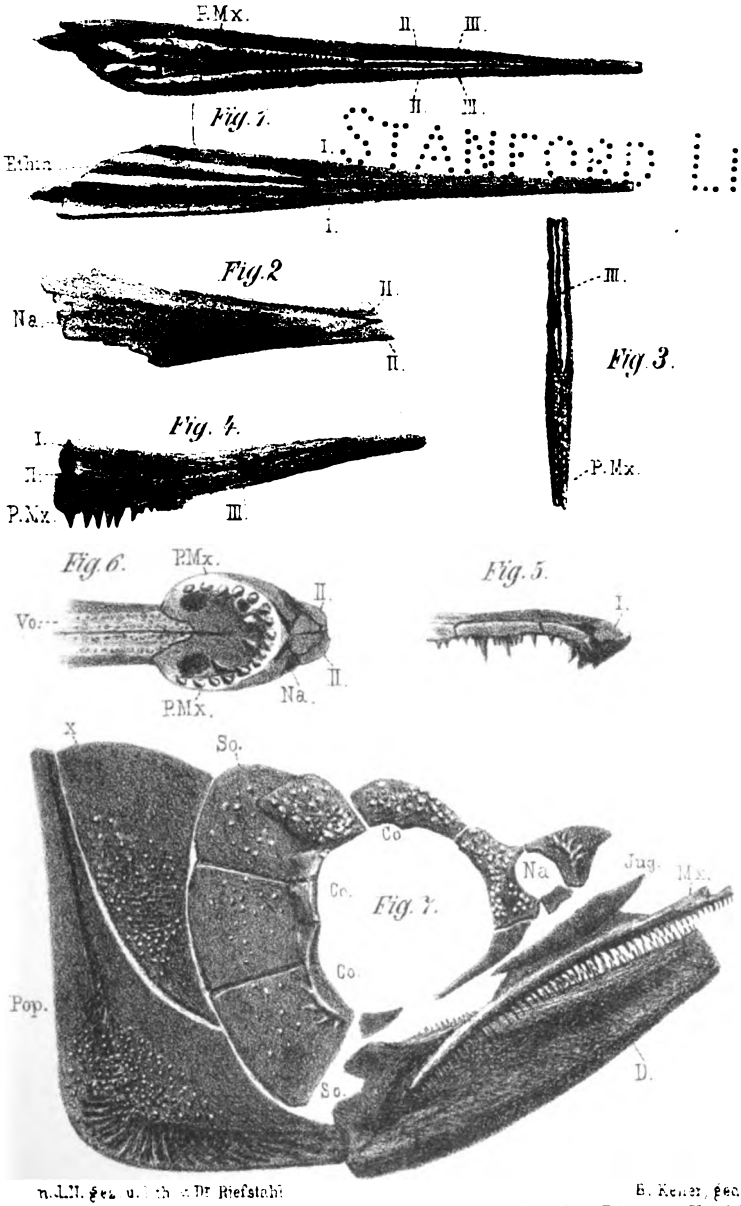
n.d.N. gez. u. lith. v Dr Riefstahl. E. Keller, gedr.

Sitzungsber. d. k. bayr. Akad. d. Wiss. II. Cl. 1887.

Digitized by Google

STANFORD LIBRARY

Digitized by Google



STANFORD LIBRARY

n. L. N. gez. u. lith. v. Dr. Riefstahl. B. Kener, gedr.

Digitized by Google

STANFORD LIBR

Digitized by Google

STANFORD LIBRARY

Digitized by Google

C. Kraft gez. u. lith.

STANFORD LIBRARY

Digitized by Google

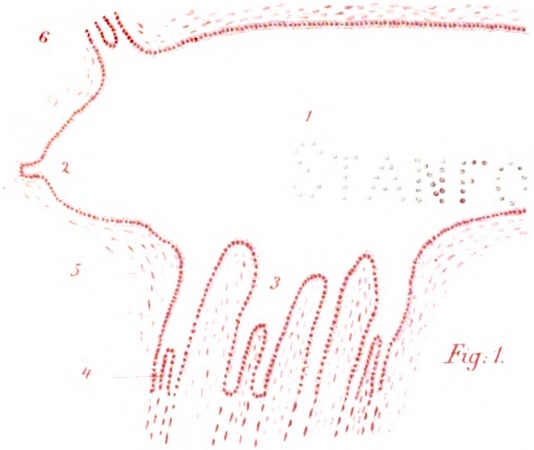
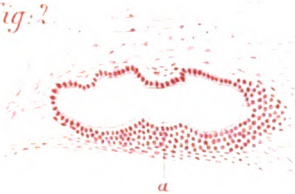


Fig. 1.

Fig. 8.

Fig. 2.



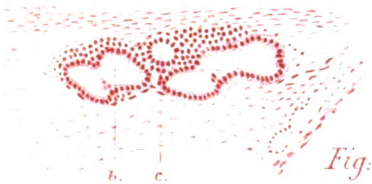
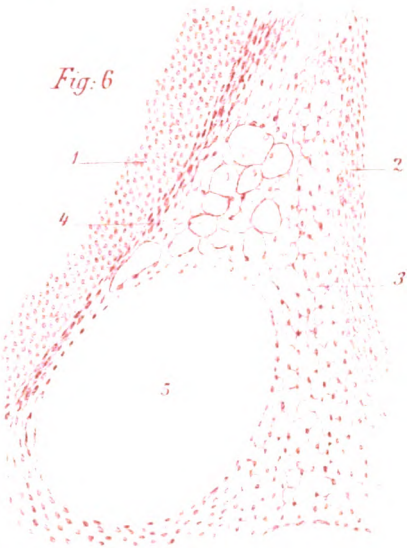


Fig. 3.

Fig. 6



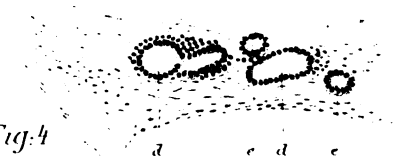


Fig. 4

Fig. 5

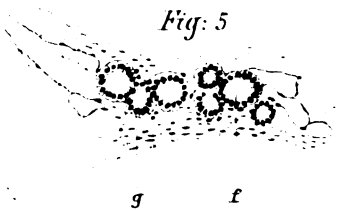
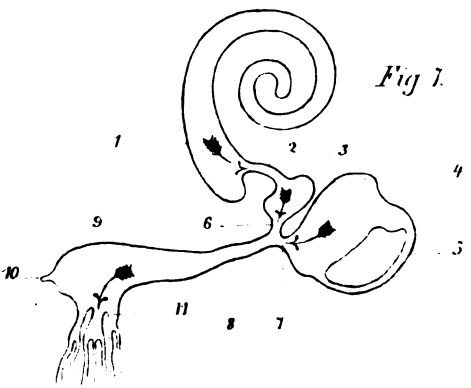


Fig. 7.



Digitized by Google

STANFORD LIBRARY

Digitized by Google

Fig: 1.

Fig: 2.

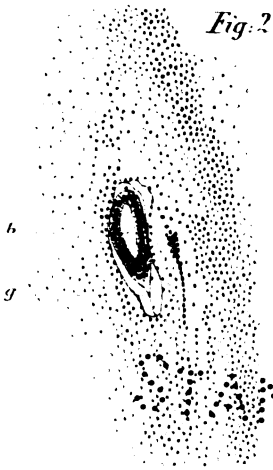
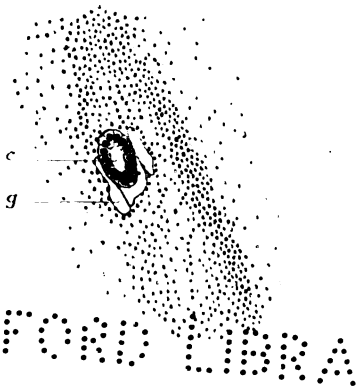


Fig: 3.



STANFORD LIBRA

Fig: 4.

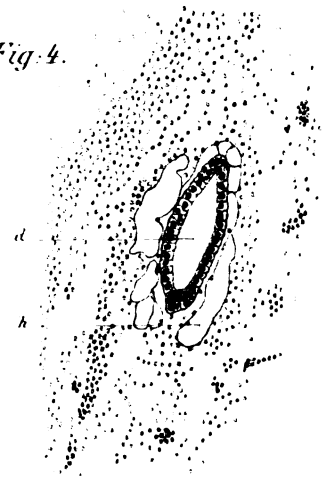


Fig: 5.

Fig: 6.

Fig: 7.

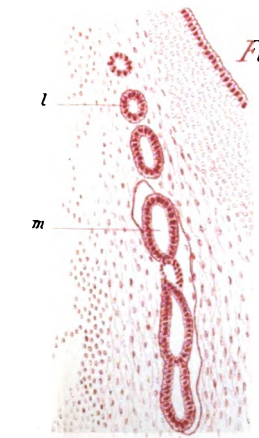


Fig: 8.

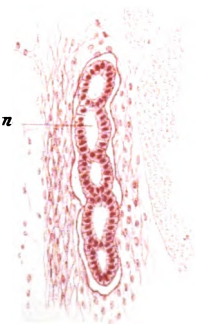


Fig: 9.

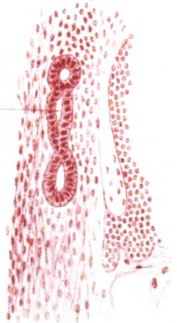
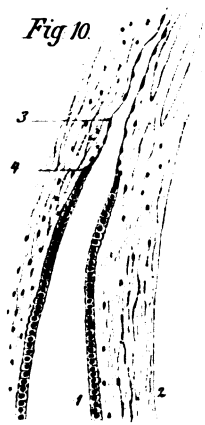


Fig 10.



Digitized by Google

Chrapf. gez. u. lith.

STANFORD LIBRARIES

Digitized by Google

Sitzungsberichte

der

mathematisch-physikalischen Classe

der

k. b. Akademie der Wissenschaften

zu München.

Band XVIII. Jahrgang 1888.

München
Verlag der K. Akademie
1889.

In Commission bei G. Franz.

Digitized by Google

Digitized by Google

Uebersicht

des Inhaltes der Sitzungsberichte Bd. XVIII Jahrgang 1888.

Die mit * bezeichneten Abhandlungen sind in den Sitzungsberichten nicht abgedruckt.

Oeffentliche Sitzung der kgl. Akademie der Wissenschaften zur Feier des 129. Stiftungstages am 28. März 1888.

Seite

v. Voit: Nekrologe 155

Oeffentliche Sitzung zu Ehren Seiner Majestät des Königs und Seiner Königl. Hoheit des Prinzregenten am 27. Dezember 1888.

Wahlen 503

Sitzung vom 7. Januar 1888.

*Andreas Miller: Ueber die Grundlagen der Bestimmungsmethode des longitudinalen Elasticitätsmoduls 1

Friedrich Kohlrausch: Ueber den absoluten elektrischen Leitungswiderstand des Quecksilbers 3

A. Voss: Ueber einen Satz aus der Theorie der Formen . . 15

Sitzung vom 4. Februar 1888.

L. Sohncke: Beiträge zur Theorie der Luftelektricität . . . 21

*M. v. Pettenkofer: Ueber die Abnahme des Abdominaltyphus in München und seine Ursachen 21

C. Kupffer: Ueber die Entwicklung der Neunaugen 71

Digitized by Google

Sitzung vom 3. März 1888.

Seite

A. Brill: Ueber die Multiplicität der Schnittpunkte von zwei ebenen Curven 81

A. Voss: Ueber diejenigen Flächen, auf denen zwei Schaaren geodätischer Linien ein conjugirtes System bilden . . 95

*C. W. v. Gümbel: Zwei neue Blätter seiner geognostischen Karte von Bayern 81

Ludwig Maurer: Ueber allgemeinere Invarianten-Systeme . 103

K. B. Lehmann: Ueber die Wirkung des Schwefelkohlenstoffs auf den thierischen Organismus 151

Sitzung vom 5. Mai 1888.

H. Seeliger: Zur Photometrie zerstreut reflectirender Substanzen (mit Tafel I) 201

H. Götz u. A. Kurz: Electrometrische Untersuchungen (zweite Abhandlung) 249

P. Groth: Ueber die Elasticität der Krystalle 256

S. Finsterwalder: Ueber die Vertheilung der Biegungselasticität in dreifach symmetrischen Krystallen (mit Tafel II) 257

Fr. Hessler: Beiträge zur Naturgeschichte der alten Hindu 267

F. Hermann: Studien über den feineren Bau des Geschmacksorganes (mit Tafel III u. IV) 277

Sitzung vom 2. Juni 1888.

E. Lommel: Subjective Interferenzstreifen im objectivem Spectrum 319

— Neue Methode zur Messung der Drehung der Polarisationsebene für die Fraunhofer'schen Linien 321

— Interferenz durch circulare Doppelbrechung 325

Sitzung vom 7. Juli 1888.

*L. Sohncke: Ueber Erweiterung der Theorie von der Krystallstruktur 337

G. Bauer: Ueber Flächen 4. Ordnung, deren geometrische Erzeugung sich an 2 Tetraeder knüpft 337

Digitized by Google

Sitzungsberichte

der

königl. bayer. Akademie der Wissenschaften.

Mathematisch-physikalische Classe.

Sitzung vom 7. Januar 1888.

1. Herr E. LOMMEL legt eine Abhandlung des Herrn Realschulrektors Dr. ANDREAS MILLER: „über die Grundlagen der Bestimmungsmethode des longitudinalen Elasticitätsmoduls“ vor.

2. Das correspondirende Mitglied, Herr FRIEDRICH KOHLRAUSCH in Würzburg, sandte einen Bericht über die von Seiten der Akademie von ihm erbetenen Bestimmungen: „über den absoluten elektrischen Leitungswiderstand des Quecksilbers“ ein; die Classe nimmt denselben mit vielem Dank entgegen.

3. Herr A. VOSS spricht: „über einen Satz aus der Theorie der Formen“.

Digitized by Google

Digitized by Google

Ueber den absoluten elektrischen Leitungswiderstand des Quecksilbers.

Von Friedrich Kohlrausch.

(*Eingelaufen 27. Dezember 1887.*)

Der königlichen Akademie der Wissenschaften beehre ich mich einen Bericht über die mir aufgetragene Bestimmung des Quecksilberwertes des Ohm-Widerstandes vorzulegen.

Das Messungsverfahren, welches ich wählte, ist im Princip die von Wilh. Weber gegebene sogenannte Dämpfungsmethode mit einer von Dorn vorgeschlagenen Abänderung. In der Ausführung habe ich mich bestrebt, verschiedene Schwierigkeiten, welche der Methode anhaften, zu beseitigen. Wenn hierbei auch oftmals, wie dies bei derartigen Arbeiten der Fall zu sein pflegt, eine Charybdis sich nur durch eine Scylla umgehen liess, so glaube ich doch, dass die Anordnungen, insbesondere die zuletzt getroffenen, welche wesentlich von allen bis jetzt gebrauchten abweichen, eine bedeutende Vereinfachung darstellen.

Die vorliegende Aufgabe zerfällt in zwei Teile. Es ist der absolute Leitungswiderstand eines Multiplicators zu ermitteln und derselbe ist dann mit dem Widerstande einer geeigneten Quecksilbersäule zu vergleichen.

Für den zweitgenannten Teil der Arbeit hatte ich schon früher Herrn Strecker veranlasst, Vorstudien und Vorbereitungen zu machen. An seine mit grosser Umsicht ausge-

Digitized by Google

führte Arbeit habe ich meine Messungen ohne erhebliche Mühe anschliessen können. Ich hatte dabei Gelegenheit zu bestätigen, dass die Schwierigkeiten, welche von einigen Seiten früher in der Verwertung des Quecksilbers zu Normalwiderständen gefunden wurden, den neueren Untersuchungen entsprechend, nicht vorhanden sind. Auf dieser Seite der Arbeit liegen meines Erachtens keine in Betracht kommenden Fehlerquellen.

Der absolute Leitungswiderstand des Multiplicators wird aus der Dämpfung seiner langsam schwingenden Magnetnadel erhalten, wenn ausserdem deren Schwingungsdauer und das Verhältnis ihres Stabmagnetismus zum Erdmagnetismus bekannt sind. Gefordert ist aber endlich noch die Kenntnis der absoluten Galvanometerconstante des Instrumentes. Die letztere bestimmte Weber aus den gemessenen grossen Dimensionen des Multiplicators. Da in diesem Falle die Dämpfung schwach und ihre Bestimmung desswegen mit relativ grossen Fehlern behaftet ist, so schlug Dorn vor, die Galvanometerconstante eines engen Multiplicators empirisch durch Vergleichung mit einer Tangentenbussole zu ermitteln. Da diese beiden Instrumente naturgemäss eine sehr verschiedene Empfindlichkeit besitzen, so wird von dem Strome, welcher die Tangentenbussole durchfliesst, nur ein bekannter kleiner Bruchteil durch den Multiplicator abgezweigt, was mittels bekannter Widerstände nach einem zuerst von Bosscha gebrauchten Verfahren geschieht.

So einleuchtend der Vorteil dieser Anordnung ist, so muss man doch zugeben, dass gerade hier eine Schwierigkeit nur durch die Einführung von anderen, freilich geringeren Schwierigkeiten beseitigt wird. Denn diese empirische Bestimmung der Galvanometerconstante, welche mit besonderer Schärfe ausgeführt werden muss, weil die Constante in das Endresultat im Quadrate eintritt, setzt sich aus folgenden Teilen zusammen.

Digitized by Google

1. Der Berechnung der Constante der Tangentenbussole.

2. Der Herstellung eines bekannten Stromabzweigungsverhältnisses in Gestalt von zwei genau bekannten Widerständen. Da die Empfindlichkeit des Multiplicators sehr viel grösser ist als diejenige der Tangentenbussole, so muss der eine Widerstand entsprechend grösser sein als der andere. Entweder wird also der eine von ihnen sehr klein oder der andere sehr gross werden. Abgesehen von den Fehlerquellen, die überhaupt die genaue Bestimmung eines sehr von eins abweichenden Widerstandsverhältnisses erschweren, erfordert im ersteren Falle die Zuleitung, im anderen die Isolirung eine besondere Aufmerksamkeit. Auch auf den störenden Temperatureinfluss, der schon wegen der Stromwärme auftreten kann, muss hingewiesen werden.

3. Der Ermittelung des Verhältnisses zweier Skalenausschläge,

4. des Verhältnisses zweier Skalenabstände,

5. des Verhältnisses der beiden magnetischen Feldstärken für die beiden Instrumente, wobei die Ortseinflüsse und die Instrumentaleinflüsse gesondert zu bestimmen sind.

6. Da man die Ausschläge hinreichend gross für eine genaue Messung nehmen muss, so wird die Aenderung der Empfindlichkeit mit dem Ausschlage bekannt sein müssen.

7. Beide Instrumente üben einen gegenseitigen Einfluss aus, welcher bekannt sein oder sonst eliminirt werden muss.

8. Die erdmagnetischen Deklinationsschwankungen sind unschädlich zu machen.

9. Dasselbe gilt von den Stromschwankungen.

10. Etwaige zeitliche Aenderungen der Empfindlichkeit selbst sind zu controliren.

Jeder Kundige weiss, wie schwer es ist, jedes der genannten Messungselemente mit einer Genauigkeit von $^1/_{10000}$ auszuführen. Würden aber nur fünf Fehler von diesem

Digitized by Google

Betrage gemacht, die sich ungünstig summirten, so ist die Galvanometerconstante um ein halbes, und das Resultat also hierdurch allein um ein ganzes Tausendtel unrichtig.

Nachdem ich bei zwei im vorigen Jahre ausgeführten Messungsreihen mich eines Verfahrens wie das eben beschriebene bedient hatte, habe ich mich desswegen noch entschlossen, die Galvanometerconstante in einer äusserlich ganz verschiedenen Weise zu bestimmen, welche die unter Nr. 3 bis 9 genannten Aufgaben fast vollkommen vermeidet.

Hierdurch ist eine grosse Vereinfachung erzielt worden, deren günstiger Einfluss auf das Resultat noch steigt, wenn man einen anderen Punkt berücksichtigt, der ebenfalls als eine Unannehmlichkeit des Verfahrens anzusehen ist.

Das Verhältnis des Nadelmagnetismus zum Erdmagnetismus wird durch die Ablenkung bestimmt, welche eine zweite Magnetnadel aus passender Entfernung durch den Magnet des Galvanometers erfährt. Hier kommt in einem Correctionsgliede der Polabstand dieses Magnets herein[1]). Diese Correction beläuft sich auf etwa $^1/_{100}$ des Ganzen. Es ist nicht ganz leicht, einen Polabstand genau zu bestimmen. Die gleich zu beschreibende neue Anordnung gestattet, den Einfluss des Polabstandes überhaupt beliebig zu vermindern.

Diese Vorteile wurden durch die Anwendung einer Tangentenbussole in Gestalt eines so grossen Drahtringes erreicht, dass die Nadel des Multiplicators, welche 20 cm lang war, zugleich als die Nadel zu dem ersteren dienen konnte. Der grosse von Herrn Siedentopf in Würzburg sehr geschickt und sorgfältig ausgeführte Rahmen hatte nahe 160 cm Durchmesser. Er wurde mit soviel Windungen versehen, dass seine Galvanometerconstante nahe den 100. Teil

1) Oder was dasselbe sagt, die Beobachtung der Ablenkung aus einer zweiten Entfernung.

Digitized by Google

von derjenigen des Hauptmultiplicators erreichte. Beide Multiplicatoren wurden concentrisch mit der Magnetnadel aufgestellt und der 100. Teil desjenigen Stromes, welcher durch den grossen Multiplicator ging, durch den Hauptmultiplicator abgezweigt. Wäre das Empfindlichkeitsverhältnis genau 1:100, so würde die Nadel, bei entgegengesetzter Stromrichtung in beiden Multiplicatoren, in Ruhe bleiben. Die kleine bestehende Ungleichheit wird durch die Grösse des bestehenden kleinen Ausschlages gemessen. So ist es gelungen, ein einer Nullmethode nahe kommendes Verfahren zur Messung der Galvanometerconstante anzuwenden.

Wählt man nun ferner den Abstand, aus welchem die Ablenkungsbeobachtungen (v. S.) angestellt werden, von passender Grösse, so kann man erreichen, dass die Correction, welche aus der Nadellänge in der Tangentenbussole entsteht, sich gegen die Correction bei der Messung des Verhältnisses des Nadelmagnetismus zum Erdmagnetismus bis auf ganz kleine leicht genügend genau zu ermittelnde Glieder heraushebt. Dadurch entsteht der zweite oben erwähnte Vorteil.

Es mögen hier gleich die sonstigen Anordnungen genannt werden, die von den gebräuchlichen abweichen.

Hierzu gehört zunächst die Herstellung und genaue und rasche Messung des für die Stromabzweigung notwendigen Widerstandsverhältnisses. In dieser Richtung darf ich auf meine frühere der k. Akademie gemachte Mitteilung verweisen.[1])

Weiter hatte das Galvanometer eine sonst noch nicht gebrauchte, wie ich glaube zweckmässige Einrichtung. Die Magnetnadel wurde nicht in eine um die Windungen herumgreifende Suspension gelegt, sondern sie war an einem durch

---

1) Sitz.-Ber. d. k. b. Akad. d. W. 1887, S. 11.

Digitized by Google

die oberen Windungen frei hindurchgehenden verticalen Stiel befestigt. Zu diesem Zwecke waren die Windungen nicht in gewöhnlicher Weise eben aufgewickelt, sondern sie waren oben in der Mitte etwas auseinandergeführt, wodurch ein Zwischenraum entstand, durch welchen der Stiel der Magnetnadel eingeführt werden konnte. Das Aufwinden des Drahtes war wohl etwas mühsam, liess sich aber mit Sorgfalt gleichmässig ausführen. Der Ablesespiegel, an dem Stiel oberhalb des Magnetes befestigt, befand sich mit dem letzteren innerhalb des Multiplicators. Es genügte also zur Abhaltung des Luftzuges, den Multiplicator durch Deckplatten mit Planglas zu verschliessen.

Der Multiplicator war auf einer Kreisteilung drehbar aufgestellt. Er trug auf der erwähnten Durchlassöffnung der Windungen eine Vorrichtung, durch welche der Magnetstiel festgeklemmt und nun mit dem Multiplicator horizontal gedreht werden konnte. Der Eigenmagnetismus der Nadel wurde dann so bestimmt, dass kleine Magnetometer in passender Entfernung (etwa 1 m) aufgestellt und durch Abwechselung der beiden Ostwestlagen des Magnetes abgelenkt wurden. Dass der geklemmte Stab nach Azimut und Neigung die richtige Stellung hatte, wurde durch zwei Spiegel festgestellt.

Als Vorteile dieser Anordnung sehe ich folgende Punkte an. Der Magnet bildet mit seinem Träger ein festes System. Die Vermeidung der gewöhnlichen um den Rahmen herumgreifenden Suspension ist zugleich eine Vermeidung unnötiger Belastung und Luftreibung. Die Luftdämpfung war klein und ausnehmend constant. Das Gewicht ist nicht grösser, als dass ein Metalldraht von hinreichender Tragkraft noch ein mässiges Torsionsverhältnis gibt. Auch dass nicht ein grösserer Schutzkasten notwendig ist, in welchem störende Luftströmungen entstehen könnten, ist ein Vorteil.

Digitized by Google

Ferner braucht der Magnet während der ganzen Beobachtungsreihe nicht aus dem Multiplicator entfernt zu werden. Man bleibt dadurch leichter Herr der Temperatur des Magnets und derjenigen des Multiplicators. Endlich braucht man nicht zu befürchten, dass die Galvanometerconstante durch das Herausnehmen und Wiedereinlegen des Magnets kleine Aenderungen erfahre Die Lage des Stiels gegen die Oeffnung im Multiplicator lässt die unveränderte Stellung leicht controliren. Die Drehung des Multiplicators auf seiner Kreisteilung dient zugleich, um die Abhängigkeit der Galvanometerconstante von der Grösse des Ausschlages zu bestimmen, wobei ich mich der früher von mir beschriebenen Versuchsanordnung bediente.[1])

Allerdings kommt bei den Ablenkungen der Magnetometer durch den Magnet an Stelle des magnetischen Feldes im Multiplicator dasjenige der Magnetometer in die Beobachtung und muss also auf das erstere Feld umgerechnet werden.[2]) Hätte der Multiplicator einen beträchtlichen magnetischen Eigeneinfluss geäussert, so würde ich Bedenken getragen haben, so vorzugehen, wie hier geschehen ist. Derselbe war aber aus elektrolytischem Kupferdraht hergestellt, welcher nach dem von Dorn angegebenen Verfahren von den Herren Hesse Söhne in Heddernheim angefertigt und mit weisser Seide besponnen war. Wie sich sowohl aus Drehungs- wie aus Schwingungsversuchen ergab, erwies sich der magnetische Localeinfluss des Multiplicators als unmerklich. Die stets unterhalb 0,0005 bleibenden Instrumenteleinflüsse der fünf Magnetometer, zwischen denen man wechselte,

1) Wied. Ann. Bd. 26, S. 430, 1885.

2) Wird der Magnet, wie gewöhnlich, zur Bestimmung seines Magnetismus, aus der Suspension herausgenommen, so ist aber auch darauf zu achten, dass die Suspension aus unmagnetischem Material besteht, da sonst hieraus eine Fehlerquelle erwachsen könnte.

Digitized by Google

wurden in bekannter Weise bestimmt. Zur Messung der kleinen lokalen Aenderungen des Erdmagnetismus diente das von mir beschriebene Variometer.[1])

Ich will noch folgende Einzelheiten erwähnen.

Zur Messung der Nadeldämpfung im geschlossenen Multiplicator erteilte man dem Magnet mittels eines kleinen Inductors, der gleich nachher ausgeschaltet wurde, Impulse in regelmässiger Folge. Dass auf diese Beobachtungen eine besondere Sorgfalt verwendet wurde, braucht kaum bemerkt zu werden. Die Reduktion der Dämpfung auf kleine Schwingungen geschah nach den von K. Schering angegebenen Regeln.[2])

Zur Vergleichung mit Quecksilber diente entweder direkt das im Wasserbade stehende Strecker'sche Rohr Nr. 3[3]) oder ein Neusilberwiderstand, der von Zeit zu Zeit mit dem letzteren verglichen wurde. Die Temperaturänderungen wurden nach der Strecker'schen Formel in Rechnung gesetzt.

Zur Widerstandsvergleichung gebrauchte ich immer das Differentialgalvanometer im übergreifenden Nebenschluss[4]). Der Multiplicator- bezw. der Neusilberwiderstand war um ein weniges grösser gehalten als der Quecksilberwiderstand. Der Unterschied wurde mittels eines Rheostaten im Nebenschlusse ermittelt.

Die Selbstinductionsconstante des Galvanometers wurde nach mehreren Methoden bestimmt. Zur Einführung derselben in die Rechnung diente die von Dorn gegebene Formel.[5])

---

1) Sitz.-Ber. 1883, 1.

2) K. Schering, Wied. Ann. Bd. 9, S. 471. 1880.

3) Strecker, Abh. d. k. Akad. d. W. (2) Bd. 15 II, 1885.

4) Sitz.-Ber. der k. preuss. Akad. d. Wiss. 1883, S. 465. Wied. Ann. Bd. 20, S. 76, 1883.

5) Wied. Ann. Bd. 17 S. 783, 1882.

Digitized by Google

Ebenso wurde der sorgfältig gemessene magnetische Inductionscoefficient des Stabes einschliesslich des Quermagnetismus nach Formeln von Dorn eingeführt.

Die Galvanometerconstante wurde von Zeit zu Zeit gemessen, wie oben beschrieben worden ist.

Die entscheidenden Beobachtungssätze führte man in der Reihenfolge aus, dass zuerst das Verhältnis des Nadelmagnetismus zum Erdmagnetismus, dann Schwingungsdauer und Dämpfung bei geöffneter Kette beobachtet wurde. Hierauf folgte eine Reihe von abwechselnden Sätzen Dämpfungsbeobachtung mit geschlossener Kette und Vergleichung mit Quecksilber. Dann ein abermaliger Satz Schwingungsdauer und zum Schluss eine zweite Bestimmung des Nadelmagnetismus mit vertauschten Magnetometern.

Die beschriebenen Einrichtungen ermöglichten, alle diese zur absoluten Widerstandsmessung und Quecksilbervergleichung notwendigen Messungen in drei Stunden auszuführen, von welcher Zeit etwa die Hälfte auf die eigentliche Widerstandsbestimmung, d. h. auf alternirende Dämpfungsbeobachtungen und Quecksilbervergleichungen verwendet wurde. Da die erdmagnetischen Schwankungen gering waren und die Temperaturänderung ziemlich gleichmässig verlief, so könnte man die Mittelwerte, da alle Beobachtungen der Zeit nach symmetrisch verteilt waren, ohne einen wesentlichen Fehler direct verwenden. Es wurden aber die erdmagnetischen Variationen an einem Ablenkungsvariometer und die Temperatur des Multiplicators und Magnetes an dem Thermometer im Multiplicator abgelesen und danach die stets kleinen Correctionen angebracht.

Die Arbeit wurde in dem eisenfreien Observatorium des physikalischen Instituts in Würzburg ausgeführt.

Digitized by Google

Für die Munificenz, mit welcher die königliche Staatsregierung und Landesvertretung auf Antrag der k. Akademie die Mittel zur Arbeit besonders bewilligt hatten, glaube ich bei der Veröffentlichung des Resultates den schuldigen Dank aussprechen zu dürfen.

Die Beobachtungen sind zeitlich in vier Gruppen verteilt, je zwei im Jahre 1886 und 1887. In jedem Jahre kamen ausser dem Magnet und dem Quecksilberrohre lauter verschiedene Instrumente zur Anwendung, so dass die beiden Hauptgruppen als zwei selbständige Messungen anzusehen sind. Insbesondere wurde 1886 die bei der Messung des elektrochemischen Aequivalentes mit W. Kohlrausch gebrauchte Tangentenbussole mit dickem Kupferreif[1]), 1887 der grosse Rahmen von 160 cm Durchmesser zur Bestimmung der Galvanometerconstante verwendet.

Im zweiten Jahre wurde auch ein neuer Multiplicator gewickelt, und zwar bifilar, um bei der Widerstandsvergleichung mit Quecksilber Extraströme und die Stromwirkung auf die Magnetnadel vermeiden zu können. Das bei der Bestimmung der Galvanometerconstante gebrauchte Widerstands-Zweigverhältnis war zuerst 10:9000 dann 10:1000 Ohm.

Die Ablenkungen fanden 1886 aus der zweiten, 1887 aus der ersten Gauss'schen Hauptlage statt und zwar an fünf verschiedenen Magnetometern.

Eine Abänderung wurde auch mit der Magnetnadel vorgenommen, und zwar schon nach der ersten Gruppe 1886, indem man durch eine Belastung des Magnets mit Messinggewichten die für die Dämpfungsbeobachtungen etwas kleine Schwingungsdauer von 9 auf 14 Secunden brachte. Man überzeugte sich, dass weder die (aufgeschnittenen) Messing-

1) Wied. Ann. Bd. 15, S. 552, 1882.

Digitized by Google

gewichte noch auch der Magnetstab selbst durch Ströme, welche bei den Schwingungen in ihnen inducirt werden könnten, die Dämpfung in wahrnehmbarer Weise beeinflussten.

Die beiden Hauptgruppen haben Resultate geliefert, die um etwa 1,4 Tausendtel auseinandergehen. Dieser Unterschied ist bei der grossen Anzahl von Elementen, aus denen sich die Messung zusammensetzt, möglicherweise einfach auf Beobachtungsfehler zurückzuführen, wobei die Bestimmung der Galvanometerconstante den Hauptanteil bilden wird und vielleicht auch der Polabstand des Magnets, der in verschiedener Weise in die Resultate eintritt, einen anderen Teil übernimmt.

Nach constanten Fehlerquellen habe ich ohne Erfolg gesucht. Insbesondere habe ich die beiden zur Verwendung gekommenen Tangentenbussolen durch concentrische Aufstellung zu demselben Magnetometer direct mit einander verglichen und dabei in Uebereinstimmung gefunden. Auch der Polabstand ist schliesslich noch einmal bestimmt worden.

Endlich wären für die erste Partialgruppe Isolationsfehler bei der Stromabzweigung in Frage zu ziehen, da man bei Widerständen bis zu 9000 Ohm in dieser Beziehung nicht vorsichtig genug sein kann. Ich halte dieselben für unwahrscheinlich, da zwischen der ersten und zweiten Gruppe im Jahre 1886, wo so grosse Widerstände allein angewandt wurden, eine Paraffinirung der Drähte und eine neue Isolirung des Rheostaten durch Kautschuk liegt und da hierdurch nichts im Resultate geändert worden ist.

Immerhin hat das Resultat 1887 wegen seiner einfacheren Methoden, da ferner der Polabstand sich hier fast vollständig heraushebt, ein grösseres Gewicht zu beanspruchen.

In der Berechnung des Schlusswertes soll das zweite Hauptresultat deswegen mit doppeltem Gewichte eingesetzt werden.

Digitized by Google

Im Einzelnen wurde der Wert des Ohm in Meter/Quadratmillimeter Quecksilber von 0° gefunden

1886 I	1,0633	1,0647	1,0640
1886 II	1,0644	1,0646	1,0643
	1886 Mittel	1,0642	
1887 I	1,0625	1,0629	1,0630
1887 II	1,0627	1,0626	
	1887 Mittel	1,0627	
	Hauptmittel	**1,0632.**	

Ich glaube nicht, dass bei der ausführlichen Mitteilung der Arbeit, welche ich der k. Akademie der Wissenschaften bald vorzulegen die Ehre haben werde, eine Aenderung dieser Zahlen eintreten wird.

Um die hiesigen Messungen, soweit sie sich auf die Quecksilberwiderstände beziehen, mit anderen zu vergleichen, ist ein Etalon nach England gesandt worden, wo Professor Glazebrook in Cambridge die Güte haben wird, eine Vergleichung mit den Resultaten von seinen und den Arbeiten von Lord Rayleigh und Mrs. Sidgwick auszuführen.

Ich muss noch der wertvollen, ausdauernden Beteiligung der Herren Kreichgauer, Heydweiller und Sheldon an der Arbeit dankbar anerkennend gedenken.

Digitized by Google

Ueber einen Satz aus der Theorie der Formen.

Von A. Voss in München.

(Eingelaufen 7. Januar.)

Im V. Bande der Mathematischen Annalen hat Herr Gordan[1]) den folgenden Satz gegeben:

„Es sei F eine Form, welche p Reihen von Veränderlichen enthält[2])

$$p \left\{ \begin{array}{l} x_1, x_2 \ldots x_p; \\ y_1, y_2 \ldots y_p; \\ z_1, z_2 \ldots z_p; \\ \ldots \\ \ldots \end{array} \right.$$

und es sei symbolisch

$$F = (a_x b_y c_z \ldots)^\nu, \quad a_x = \sum_1^p a_i x_i, \quad \ldots .^3)$$

Enthält dann F als wirklichen Factor die νte Potenz der Determinante der x, y, z..., so ist der symbolische Ausdruck des anderen Factors von

1) Ueber Combinanten a. a. O. S. 107 ff.

2) Die Determinante eines solchen Systems sei im folgenden durch

$$[x\,y\,z..]$$

bezeichnet.

3) Eine solche Form ist weiter unten durch F_p^ν bezeichnet.

Digitized by Google

F die νte Potenz der Determinante der a, b, c ...., so dass wenn

$$X = [x\,y\,z..],\quad R = [a\,b\,c...]$$

bedeutet,

$$F = C_{\nu,p}\, X^{\nu} R^{\nu}$$

ist, wo $C_{\nu,p}$ eine numerische Constante bezeichnet."

Da dieser Satz für viele Betrachtungen der Formentheorie fundamental ist, hat es vielleicht ein Interesse, einen directen Beweis desselben zu geben. Einen solchen erhält man aber auf folgendem Wege.

Man multiplicire die Gleichung

$$1)\quad F = (a_x\, b_y\, c_z \ldots)^{\nu} = S[x\,y\,z\ldots]^{\nu},$$

welche nach Voraussetzung stattfindet, mit der νten Potenz der Determinante R der Symbole $a', b', c' \ldots$, welche mit den a, b, c... gleichbedeutend sind, dann entsteht

$$2)\quad R^{\nu} F = S[a'_x\, b'_y\, c'_z \ldots]^{\nu}.$$

Alsdann zeigt eine sehr einfache Ueberlegung, dass der rechterhand in 2) stehende symbolische Determinantenfactor nur um einen Zahlenfactor von F verschieden sein kann. Denkt man sich nämlich diese Determinante einen Augenblick in der üblichen Form

$$\begin{vmatrix} a_{11} & a_{12} & \cdot\cdot & a_{1p} \\ a_{21} & a_{22} & \cdot\cdot & a_{2p} \\ \cdot & \cdot & \cdot\cdot & \cdot \\ \cdot & \cdot & \cdot\cdot & \cdot \\ a_{p1} & a_{p2} & \cdot\cdot & a_{pp} \end{vmatrix}^{\nu} = (\Sigma C a_{1\alpha}\, a_{2\beta} \ldots a_{p\varkappa})^{\nu}$$

geschrieben, in der die Coefficienten C gleich der positiven oder negativen Einheit sind, je nachdem die Permutation $\alpha\beta\ldots\varkappa$ eine positive oder negative ist, während die ersten Indices sich auf die Symbole a, b, c, ..., die zweiten auf die

Digitized by Google

Variabeln $x, y, z \ldots$ beziehen, und nun die νte Potenz nach dem polynomischen Satze ausgeführt, so ist jedes Glied der Entwicklung von einem Zahlenfactor abgesehen von der Form

$$3) \quad \begin{matrix} (a_{1\alpha^1} a_{1\beta^1} \ldots a_{p\varkappa^1})^{\nu_1} \\ (a_{2\alpha^2} a_{2\beta^2} \ldots a_{p\varkappa^2})^{\nu_2} \\ \cdot \quad \cdot \quad \cdot \\ (a_{1\alpha^\lambda} a_{2\beta^\lambda} \ldots a_{p\varkappa^\lambda})^{\nu_\lambda} \end{matrix}$$

unter der Voraussetzung

$$\nu_1 + \nu_2 + \ldots \nu_\lambda = \nu , \quad \lambda = p! .$$

Man polarisire nun die Gleichung 1) je $\nu_1, \nu_2 \ldots \nu_\lambda$ mal nach x mittelst der Operation

$$\left(\xi^1 \frac{d}{dx}\right)^{\nu_1} \left(\xi^2 \frac{d}{dx}\right)^{\nu_2} \ldots \left(\xi^\lambda \frac{d}{dx}\right)^{\nu_\lambda}$$

wobei

$$\left(\xi^1 \frac{d}{dx}\right)^{\nu_1} = \left(\sum_1^p \xi_k^1 \frac{d}{dx_k}\right)^{\nu_1}$$

zu setzen ist, und ebenso nach $y, z \ldots$ unter Einführung entsprechender Variabelnreihen $\eta, \zeta, \ldots$. Durch Ausführung der Operation an der Determinante X entsteht ein Product von Determinanten, in denen die Elemente $x, y, z \ldots$ durch irgend welche der $\xi, \eta, \zeta \ldots$ ersetzt sind. Man ersetze nun die λ Variabelnreihen ξ^1 durch diejenigen Werthe der $x, y, z \ldots$ welche durch die Indices $\alpha^1 \alpha^2 \ldots \alpha^\lambda$ in 3) vorgeschrieben sind; ebenso die $\eta, \zeta \ldots$. Alsdann entsteht bis auf einen Zahlenfactor das in 3) stehende Aggregat. Rechterhand aber kann, da die $\xi, \eta \zeta \ldots$ immer nur durch die $x, y, z \ldots$ ersetzt werden, nichts anderes als die Determinante X selbst (wieder von einem Zahlenfactor abgesehen) auftreten, da alle übrigen Terme gleich Null werden. Demnach ist jedes Glied der polynomischen Entwickelung bis auf einen solchen Factor gleich der rechten Seite von 1), und man hat so unmittelbar

Digitized by Google

$$4) \quad [a'_x b'_y c'_z \ldots]^\nu = [x\,y\,z\,..]^\nu S\gamma_{\nu,p} = F\gamma_{\nu,p},$$

wo $\gamma_{\nu,p}$ eine von ν und p abhängige Zahl; also nach 2)

$$R^\nu F = \gamma_{\nu,p} S F,$$
$$S = \frac{R^\nu}{\gamma_{\nu,p}} = C_{\nu,p} R^\nu,$$

wie zu zeigen war.

Durch eine ganz ähnliche Betrachtung lässt sich auch der Werth von $\gamma_{\nu,p}$ bestimmen. Man erkennt nämlich sofort, wenn man den angegebenen Polarenprocess auf alle Variabelreihen mit Ausnahme einer, etwa der ersten, erstreckt, die Richtigkeit der Formel

$$5) \quad a'^\nu_x [b'_y c'_z \ldots]^\nu = S[x\,y\,z\ldots]^\nu \gamma_{\nu,p-1}$$

Denkt man sich nun die Determinante

$$[a'_x b'_y c'_z \ldots]$$

nach den in Bezug auf die erste Horizontalreihe genommenen Unterdeterminanten entwickelt, so dass also letztere nur die $p-1$ Symbole $b, c \ldots$ enthalten und dann die νte Potenz ausgeführt, so zeigt die Formel 5) sofort, dass man jeden Term der Entwickelung durch die rechte Seite von 1) mit Hülfe eines Polarenprocesses ausdrücken kann. Und da jeder Coefficient der Polynomialentwickelung die Form

$$\frac{\nu!}{\nu_1!\nu_2!\ldots\nu_p!}, \quad \nu_1+\nu_2+\ldots\nu_p=\nu$$

hat, so folgt hier ohne jede weitere Rechnung

$$6) \quad \gamma_{\nu,p-1} N_{\nu,p} = \gamma_{\nu,p},$$

wo $N_{\nu,p}$ die Anzahl der Glieder einer homogenen Form νter Ordnung von p Variabelen oder die Anzahl der Terme in der polynomischen Entwicklung ist. Da endlich $\gamma_{\nu,1}$ offenbar gleich Eins ist, hat man

$$\gamma_{\nu,p} = N_{\nu,p} N_{\nu,p-1} \ldots . N_{\nu,1}.$$

Digitized by Google

Die vorstehende Betrachtung zeigt, dass der Gordan'sche Satz in folgender Weise erweitert werden kann.

Enthält eine Form, deren symbolischer Ausdruck von der Gestalt

$$F = (a^1_{x_1} a^2_{x_2} \ldots)^{\nu_a} (b^1_{y_1} b^2_{y_2} \ldots)^{\nu_b} (c^1_{z_1} c^2_{z_2} \ldots)^{\nu_c} \ldots$$

ist, deren einzelne Factoren also symbolisch durch

$$F^{\nu_a}_{p_a} F^{\nu_b}_{p_b} F^{\nu_c}_{p_c} \ldots$$

zu bezeichnen sind, als wirklichen Factor das Determinantenproduct

$$[x_1 x_2 \ldots]^{p_a} [y_1 y_2 \ldots]^{p_b} [z_1 z_2 \ldots]^{p_c} \ldots .$$

so ist der symbolische Ausdruck des anderen Factors gegeben durch

$$C [a^1 a^2 \ldots]^{p_a} | b^1 b^2 \ldots |^{p_b} | c^1 c^2 \ldots |^{p_c} \ldots$$

Wie man sieht, kann also auf jeden symbolischen Factor für sich der Gordan'sche Satz angewandt werden. Lässt man jeden symbolischen Factor F^{ν}_{p} in eine wirkliche Form übergehen, so erkennt man, dass der numerische Factor C gleich ist dem Producte der Factoren

$$C_{\nu_a, p_a} C_{\nu_b, p_b} C_{\nu_c, p_c} \ldots \ldots .$$

Digitized by Google

Digitized by Google

Sitzung vom 4. Februar 1888.

1. Herr L. SOHNCKE legt eine Abhandlung: „Beiträge zur Theorie der Luftelektricität" vor.

2. Herr M. v. PETTENKOFER hält einen Vortrag über „die Abnahme des Abdominaltyphus in München und seine Ursachen". Derselbe wird anderweit veröffentlicht werden.

3. Herr C. KUPFFER theilt die Resultate einer Untersuchung über „die Entwicklung der Neunaugen" mit.

Beiträge zur Theorie der Luftelektricität.

Von L. Sohncke.

(*Eingelaufen 4. Februar.*)

1. Diese Abhandlung zerfällt in zwei Theile, welche auf dasselbe Ziel gerichtet, aber an Methode und Ergebnissen wesentlich verschieden sind. Im ersten Theil suche ich auf experimentellem Wege die Frage zu beantworten, ob die von einer elektrisirten Flüssigkeit aufsteigenden Dämpfe Elektricität mit sich nehmen, was bekanntlich in neuerer Zeit von Herrn F. Exner wieder behauptet und zur Grundlage einer Theorie der atmosphärischen Elektricität gemacht worden ist. Ich komme auf Grund vieler Versuche zu dem Ergebniss, dass eine solche Mitnahme der Elektricität durchaus nicht nachweisbar ist, dass also die Exner'sche Theorie vorläufig jeder experimentellen Unterlage entbehrt.

Digitized by Google

Nun hatte ich selbst vor einigen Jahren eine Ansicht über den Ursprung der atmosphärischen Elektricität geäussert. Gegen dieselbe ist von einigen Seiten der Vorwurf erhoben und durch mathematische Argumente scheinbar gestützt worden: sie sei unvermögend, die periodischen Aenderungen der Luftelektricität zu erklären. Um nun nicht durch Schweigen den Schein zu erwecken, als hielte ich diesen Vorwurf für berechtigt, verfolge ich im zweiten Theil dieser Abhandlung einige Consequenzen meiner Ansicht auf mathematischem Wege und führe den Nachweis, dass die periodischen Aenderungen der Luftelektricität sich als nothwendige Folge aus meinen Grundannahmen ergeben.

I.

Experimenteller Theil.

2. Ueber die Frage, ob die von einer elektrisirten Flüssigkeit aufsteigenden Dämpfe Elektricität mit sich nehmen, liegen aus den letzten Jahren zwei Arbeiten vor, deren Ergebnisse einander direkt widersprechen. 1883 veröffentlichte Herr L. J. Blake[1]) seine im physikalischen Laboratorium der Berliner Universität ausgeführte Untersuchung, bei der er destillirtes Wasser, Kochsalzlösung, absoluten Alkohol, koncentrirte Schwefelsäure, Ostseewasser, sowohl bei Zimmertemperatur als bei + 100°, schliesslich noch Quecksilber bei Zimmertemperatur und bei 360° anwandte. Sein Schlussergebniss lautet: „Der aus ruhigen elektrisirten Flüssigkeitsoberflächen aufsteigende Dampf ist elektrisch neutral."

1886 veröffentlichte Herr F. Exner[2]) eine Abhandlung über die Ursache und die Gesetze der atmosphärischen Elek-

1) Wied. Ann. 19. 1883. Seite 518—534.

2) Sitzungsber. d. K. Akad. d. Wissensch. z. Wien. Bd. 93. II. Abth. Febr.-Heft. Jahrgang 1886.

Digitized by Google

tricität, in welcher er durch Versuche zu dem Ergebniss kommt, „dass die Verdampfung (von Wasser) im elektrischen Zustande ausnahmslos bedeutend grösser ist als im gewöhnlichen“ (a. a. O. S 30), und in welcher er durch andere Versuche mit Alkohol und Aether nachweist, „dass die Dämpfe Elektricität mit sich führen, wenn sie aus einer elektrisirten Flüssigkeit sich entwickeln“ (ebendaselbst Seite 31).

Herr Blake hat seine Versuche ausführlich mitgetheilt; sie scheinen mit grosser Sorgfalt und Umsicht angestellt zu sein und machen einen sehr zuverlässigen Eindruck. Uebrigens wurden bei denselben nicht, wie Herr Exner sagt, nur Potentialdifferenzen von 400 Volt angewandt, sondern vermittelst einer Töpler'schen Maschine auch solche, die einer Schlagweite von 3 bis 8 mm entsprachen. (a. a. O. Seite 531 u. 532.)

Herr Exner berichtet über seine zu entgegengesetzten Ergebnissen führenden Versuche nur ganz kurz, so dass es schwer hält, ihre Zuverlässigkeit zu beurtheilen. Um die Ursache der Verschiedenheit der von beiden Beobachtern gewonnenen Resultate aufzufinden, schien mir unter diesen Umständen die Wiederholung der Blake'schen Versuche zunächst überflüssig, dagegen die Wiederholung der Exner'schen Versuche geboten. Was ich dabei fand, wird im Folgenden mitgetheilt.

3. Um die Beschleunigung der Verdunstung durch die Elektricität zu untersuchen, tauchte ich nach Herrn Exner's Vorschrift in ein mit Wasserleitungswasser fast bis zum Rande gefülltes Glasgefäss (die Wasserfläche betrug etwa 510 qcm, die Tiefe 9 cm; der Holzfuss ruhte auf drei Schellackstückchen) eine Glasröhre von 4 mm lichter Weite, die zunächst am Gefäss heberförmig gebogen war und dann in einen etwa 1 m langen horizontalen Schenkel mit kurz aufgebogenem Ende verlief. Bei passender Füllung

Digitized by Google

nahm der Wasserfaden $^1/_2$ bis $^3/_4$ der Länge des Horizontalrohrs ein. Wenn für möglichst genaue Horizontalstellung des auf einem langen geraden Holzstab befestigten Rohres gesorgt war, so war der Wasserfaden in sehr langsamer Bewegung begriffen; dieselbe war meist ein Zurückweichen (bei meinen Hauptversuchen 0,1 bis 1,0 mm minutlich), bisweilen aber, wenn dicht vorher etwas zuviel Wasser in das Gefäss gegossen war, ein Vorrücken.

Wenn nun dem Gefäss Wasser entnommen wird, so zieht sich der Faden zurück; dasselbe muss also auch in Folge der Verdunstung eintreten;[1]) es muss in erhöhtem Mass eintreten, wenn die Verdunstung durch Elektricität beschleunigt wird; und letzteres hat Herr Exner stets beobachtet.

Das Wasser elektrisirte ich vermittelst einer, in 4 m Entfernung aufgestellten stark wirkenden Holtz'schen Maschine, deren eine Elektrode zur Erde abgeleitet war, während von der anderen ein dünner, frei schwebender Kupferdraht ausging, dessen zusammengerolltes Ende im Wasser des Gefässes lag. Dem Wasser liessen sich bei Drehung der Maschine starke Funken entziehen. Beobachtet wurde nun der Rück-

1) In der wegen Luftheizung sehr trockenen Luft meines Zimmers (circa 30% relative Feuchtigkeit) verdunsteten bei 20° C. von einer Wasserfläche von 95 qcm in einer flachen Metallschale minutlich etwa 13 bis 15 mgr. Geschieht die Verdunstung von einer grösseren Wasserfläche aus ebenso, so konnten von der Wasserfläche der obigen Versuche minutlich doch nur 7 bis 8 cgr verdunsten. Könnte man nun voraussetzen, dass die minutlich aus dem Horizontalrohr zurückweichende Menge, gleich der minutlich verdunstenden Menge ist, so würde das Zurückweichen des Fadens 5 bis 6 mm betragen, also doch immer nur halb soviel als der von Herrn Exner beobachtete Betrag von durchschnittlich 1 cm. Wenn seine Versuche also nicht etwa bei sehr viel höherer Temperatur und sehr viel grösserer Trockenheit der Luft angestellt sind, so muss die grosse Geschwindigkeit des Fadenrückganges durch andere Umstände veranlasst gewesen sein.

Digitized by Google

gang des Fadens während der je 3 Minuten dauernden Drehung der Holtz'schen Maschine. (Ungefähr ebensolange oder kürzer dauerten die Elektrisirungen bei Herrn Exner.) Unmittelbar vor jeder Elektrisirung war der von selbst erfolgende Fadenrückgang einige Minuten lang beobachtet. Daraus sind dann die Rückgänge berechnet, welche während der folgenden 3 Minuten, auch ohne Elektrisirung, zu erwarten waren. Die Ergebnisse stehen in der folgenden Tabelle, in welcher das Minuszeichen ein Vorgehen des Fadens anzeigt. Die Bruchtheile der mm sind nur roh geschätzt.

Nr.	Rückgang des Fadens mit Elektrisirung	ohne Elektrisirung	Differenz
1.	0 mm	0 mm	0 mm
2.	1,0	3,0	— 2,0
3.	0,7	0,6	0,1
4.	0,5	0,0	0,5
5.	— 1,0	— 0,9	— 0,1
6.	1,0	0,6	0,4
7.	1,0	0,4	0,6
Mittel	0,46	0,53	— 0,07

Diese Versuche bestätigen also Herrn Exner's Ergebniss gar nicht; ein bestimmter Einfluss der Elektrisirung tritt überhaupt nicht hervor. Uebrigens will ich nicht unerwähnt lassen, dass bei fünf vorhergegangenen Versuchen mit einem anderen Glasrohr, das vielleicht nicht ganz so sorgfältig horizontal gestellt war, bei jeder Elektrisirung regelmässig starkes Vorrücken des Fadens um 23 bis 62 mm, anstatt des erwarteten Rückganges, beobachtet wurde, während der Faden vor der Elektrisirung und nach der Entladung sich langsam zurückzog. Ich vermag nicht anzugeben, ob hier etwa Influenzwirkungen vorlagen, oder welche Ursache sonst

Digitized by Google

gewirkt haben mag. Ebenso schwer ist es aber auch zu sagen, welchen Umständen bei Herrn Exner's Versuchen die Beschleunigung des Fadenrückganges zugeschrieben werden muss. Wenn vielleicht sein Glasrohr nur durch einen einzigen, die Rohrmitte fassenden Halter befestigt war, — während ich zwei Halter benutzte, — so könnte man vielleicht an ein geringes Herausheben des Glasrohrs aus dem Wasser in Folge der elektrischen Abstossung denken. Das dadurch bewirkte Sinken des Wasserspiegels hat ein Zurückweichen des Fadens im Rohr zur Folge.

Auf Grund meiner Versuche schliesse ich, dass die von Herrn Exner angegebene Versuchsanordnung nicht geeignet ist, mit irgend welcher Sicherheit den Nachweis zu liefern, dass eine elektrisirte Wasserfläche schneller verdunstet als eine unelektrisirte.

Hiermit soll indessen die Thatsache selber nicht bestritten werden. Dieselbe ist vielmehr, nachdem sie von Nollet entdeckt, von Beccaria bestätigt und von Pfaff[1]) wieder bestritten worden, durch Peltier[2]) zweifellos nachgewiesen, von Reitlinger[3]) ebenfalls bestätigt, und zuletzt nochmals von Mascart[4]) durch sehr sorgfältige Versuche ausser Zweifel gestellt. Aber aus dieser Thatsache folgt keineswegs, dass die Dämpfe Elektricität mitnehmen. Die Beschleunigung der Verdunstung, welche von den genannten Beobachtern meist dadurch erzielt war, dass sie stark elektrisirte Drähte oder Spitzen über der Wasserfläche anbrachten, findet ja ihre einfache Erklärung durch den elektrischen Wind, da in bewegter Luft die Verdunstung viel schneller

1) Gehlers Wörterbuch. 3. Seite 289. 1827.

2) A. Peltier: Météorologie. Observations etc. des Trombes. Brux. 1841. Chap. XII, Seite 76—88.

3) Tageblatt d. 48. Verf. Deutscher Naturf. in Graz. 1875. Seite 208.

4) Mascart: Comptes rendus. 86 1878. Seite 575.

Digitized by Google

vor sich geht als in ruhiger. Die Wirkung der Elektricität ist hierbei also nur eine indirekte. Was Peltier (a. a. O. Seite 87) gegen diese Deutung der Erscheinung vorbringt, ist nicht überzeugend. Auch Herr G. Wiedemann[1]) bespricht in seinem grossen Werke die betreffenden Versuche unter der Ueberschrift: „Der elektrische Wind befördert die Verdampfung."

Hiernach erscheint also die durch Elektricität bewirkte Verdunstungsbeschleunigung im Allgemeinen, und die Exner'sche Versuchsanordnung im Besonderen nicht geeignet zur Beantwortung der Frage, ob die Dämpfe Elektricität mit sich nehmen.

4. Ich wende mich nun zu der anderen Versuchsreihe des Herrn Exner, welche obige Frage direkt zu beantworten bestimmt ist. Seinen Angaben folgend stellte ich ein grosses cylindrisches Messinggefäss von $^1/_3$ m Weite und fast $^1/_2$ m Tiefe auf 3 Schellacksäulchen isolirt auf. Es war dazu bestimmt, die durch Aetherdämpfe übertragene Elektricität aufzunehmen. Der Aether befand sich etwa 1 cm über der Mitte dieses Gefässes in einer flachen Messingschale von 11 cm Durchmesser und mit 6 mm hohem wulstigen Rande. Die Schale hing an drei 13 cm langen Drähten, die oben in einen Ring zusammenliefen, letzterer getragen von einem kleinen Messinghaken, der das Ende eines 30 cm langen, zweimal rechtwinklig gebogenen Ebonitstabes ⌐¬ bildete.

Die Versuche verliefen nun so: Das Messinggefäss wurde erst zur Erde abgeleitet, darauf isolirt und durch einen mit isolirter Handhabe versehenen Draht mit einem Pol eines Mascart'schen Elektrometers in Verbindung gesetzt, das für objektive Ablesungen mit Lichtzeiger eingerichtet war. Wenn

1) G. Wiedemann: Die Lehre v. d. Elektricität. Bd. IV. § 835. Seite 628. 1885.

Digitized by Google

das Gefäss ganz allein stand, — ohne geladene Messingschale über ihm, — so betrugen die jetzt erfolgenden Ausschläge des Lichtzeigers meist 10 bis 20, selten bis 40, Theilstriche, und erwiesen das Gefäss fast ausnahmslos als negativ. Die Empfindlichkeit war eine solche, dass ein Pol eines Daniell-elementes, dessen anderer Pol an Erde lag, 15 bis 20 Skalentheile Ausschlag gab.

Solche Versuche mit dem Messinggefäss allein wurden zur Controle fortwährend zwischen die eigentlichen Versuche eingeschoben. Um letztere anzustellen, musste man die Schale, sei es mit, sei es ohne Aetherfüllung, elektrisiren. Dazu wurde sie auf den (+) Konduktor einer im Nebenzimmer stehenden Reibungselektrisirmaschine gesetzt, und letztere ein Mal gedreht. Dann wurde die Schale vermittelst des erwähnten Ebonitstabes, dessen anzufassendes Ende mit Stanniol bewickelt war, vom Konduktor abgenommen und über dem nicht zur Erde abgeleiteten Messinggefäss aufgehängt. Nach 1 bis $1^1/_4$ Minuten wurde sie wieder entfernt, und jetzt die Elektrisirung des Gefässes untersucht. War die Schale leer gewesen, so erfolgten nun bald negative, bald positive Ausschläge, ohne Regelmässigkeit. Die negativen Ausschläge waren dabei oft wesentlich grösser als bei freiem Gefäss (ohne Schale), was nur als Influenzwirkung gedeutet werden kann.

Die positiven Ausschläge sind Folge schwacher Zerstreuung der positiven Ladung der Schale, die darüber gehangen hatte.

Wenn nun die + elektrisirte Schale Aether enthalten hatte, waren die nachträglichen Ausschläge stets sehr gross +; meist ging der Lichtzeiger über die Skala hinaus. Herrn Exner's Beobachtungen hierüber finden also volle Bestätigung. Nichtsdestoweniger ist der von ihm gezogene Schluss, dass hierdurch

Digitized by Google

die Mitnahme der Elektricität durch die Aetherdämpfe bewiesen sei, nicht haltbar. Denn ich erhielt nach Qualität und Quantität genau ebensolche Resultate, wenn die Füllung der Schale nicht Aether, sondern unter 0° C. abgekühltes Salzwasser einer Kältemischung war. In diesem Falle fand aber sicher keine Verdunstung statt, sondern im Gegentheil Condensation der Wasserdämpfe aus der umgebenden Luft auf der abgekühlten Schale. Wenn trotzdem auch in diesem Falle Elektricität von der + elektrisirten Schale auf das darunter stehende Gefäss übertragen war, so konnte die Ursache nur in Luftströmungen liegen, die durch die starke Temperaturdifferenz erzeugt waren. Die an der kalten Messingschale herabsinkende Luft, oder vielmehr die in ihr schwebenden Staubtheilchen, entführen der Schale Elektricität und geben sie an das unten stehende Gefäss ab. Ganz ebenso muss der Vorgang sein, wenn die Schale mit Aether gefüllt ist; denn durch die Aetherverdampfung wird ja die Schale ebenfalls sehr stark abgekühlt.

Es ist überflüssig, die einzelnen Versuche aufzuzählen; nur soviel sei gesagt: Wenn überhaupt die Bedingungen der Versuchsanordnung richtig getroffen waren, so dass von der Aether enthaltenden + elektrisirten Schale + Elektricität auf das untergestellte Gefäss überging, so ging ausnahmslos auch von der mit Kältemischung gefüllten + elektrisirten Schale + Elektricität in mindestens demselben Betrag auf das untergestellte Gefäss über. Derartige Versuche können also sicher nicht als Beweis dafür dienen, dass die von einer elektrisirten Flüssigkeit aufsteigenden Dämpfe Elektricität mit sich nehmen. Die ganze Versuchsanordnung ist übrigens wenig empfehlenswerth und namentlich zu quantitativen Bestimmungen ungeeignet, denn auch bei scheinbar ganz gleicher Anordnung sind die Resultate oft wenig übereinstimmend. Daher

Digitized by Google

habe ich noch eine andere Methode angewendet, die quantitative Ergebnisse zu versprechen schien.

5. Der Grundgedanke dieser Methode ist folgender: Wenn die Dämpfe einer elektrisirten Flüssigkeit wirklich Elektricität mit sich nehmen, so muss sich von einer isolirt aufgestellten elektrisirten flachen Schale voll verdunstender Flüssigkeit die Elektricität schneller zerstreuen als von der leeren Schale. Man hat also nur die Geschwindigkeiten zu vergleichen, mit welchen bei voller und bei leerer Schale das Potential von demselben Anfangswerth aus abnimmt. Bei der Verwirklichung dieses Gedankens nahm ich Abstand von der Anwendung des Mascart'schen Elektrometers, um die Schale nicht auf einen eigenen Isolator stellen zu müssen, dessen Einfluss die Erscheinung kompliciren konnte. Die Elektroden dieses Elektrometers sind nämlich zu gebrechlich, um die Schale an ihnen selber aufzuhängen. Also befestigte ich die Schale direkt auf einem sogenannten Goldblattelektroskop. Als solches diente ein Beetz'sches Elektroskop mit Aluminiumblättchen, welche sich im Innern eines breiten liegenden Messingcylinders befinden, dessen Enden durch Glasplatten geschlossen sind. Die Blättchen hängen an einem Messingstab, der durch Ebonit und Schellack isolirt durch das Gehäuse hindurchgeht. Ausser dieser Isolirvorrichtung werden in den folgenden Versuchen keinerlei Isolatoren verwendet.

Die Schale mit der Flüssigkeit darf nun nicht unmittelbar an Stelle des Knopfes auf das Elektroskop geschraubt werden; denn die herabsinkenden Dämpfe oder kalten Luftströmungen, oder auch nur die Kälte der abgekühlten Schale, die bis zum Isolator geleitet wird, verändern, wie ich mich überzeugte, das Isolationsvermögen desselben in viel zu hohem Grade. Daher wurde statt des Knopfes zunächst ein 20 cm langer, horizontaler, in einen Knopf endigender Messingarm angesetzt, und von seinem Knopfe aus die (schon zu den früheren Versuchen benutzte) Schale vermittelst der drei

Digitized by Google

Drähte herabhängen gelassen. So konnte der Isolator möglichst wenig durch Kälteleitung verändert werden. Ein grosser Metallschirm mit rundem Loch für den freien Durchtritt des horizontalen Armes hielt die Dämpfe möglichst von dem Isolator ab. Der Beobachter war immer durch mit Stanniol bekleidete Pappschirme vom Elektroskop getrennt; das Elektroskopgehäuse und die Schirme waren zur Erde abgeleitet.

Nach Mittheilung einer Ladung (durch einen geriebenen Ebonitstab) nimmt die Blättchendivergenz langsam ab. Dieses allmähliche Sinken des Potentials verfolgte ich durch ein fest aufgestelltes, bei allen Versuchen unverrückt stehen gelassenes Mikroskop von horizontaler Lage mit 100-theiligem Okularmikrometer. Der Werth eines Theilstriches war $^1/_{20}$ mm. Weil nun Zehntel noch geschätzt werden konnten, so liessen sich Verrückungen des beobachteten Blättchens im Betrage von $^1/_{200}$ mm noch eben wahrnehmen. Im unelektrischen Zustande stand das eine Blättchen, welches stets allein beobachtet wurde, ganz am Rande des Gesichtsfeldes (beim Theilstrich -13). Beim Elektrisiren macht es einen Ausschlag durch das Gesichtsfeld hindurch, eventuell über den anderen Rand desselben hinaus. Man entzieht nun, durch Anlegen eines mittelmässig leitenden Stäbchens, soviel Elektricität, dass das Blättchen wenig über $+82$ steht; dann überlässt man das weitere Sinken der Zerstreuung. Wenn das Blättchen ungefähr bis auf 79 oder wenig tiefer gekommen ist, notirt man die Zeit, sowie die Stellung des Blättchens, und beobachtet nun weiter an einer Sekundenuhr mindestens 8 Minuten lang, bis zu welchem Strich das Blättchen nach je 2 Minuten gesunken ist. So kennt man die Strecken, welche das Blättchen in je 2 Minuten durchlaufen hat, und schliesst daraus auf die Geschwindigkeit der Zerstreuung der Elektricität. Die Durchlaufung der Strecke 80 bis 60 entspricht einer Verminderung des Winkels, den

Digitized by Google

das Blättchen mit der Vertikalrichtung macht, um weniger als 2 Grad, nämlich etwa von 8° 38′ bis 6° 48′. Diese Ausschläge entsprechen (nach freilich sehr roher Schätzung) Potentialwerthen von 200 bis 300 Daniell.

6. Vorversuche. Den Hauptversuchen mussten Vorversuche vorausgeschickt werden, um den Einfluss verschiedener Nebenumstände festzustellen. Zuerst suchte ich den Einfluss des Rückstandes im Isolator kennen zu lernen. Wenn das Elektroskop sehr stark geladen und dann wieder soweit entladen wurde, dass das Blättchen auf 80 stand, so änderte es nun von selbst seine Stellung ziemlich schnell im Sinne wachsenden Ausschlages bis gegen Theilstrich 90; man hatte es also mit einer Rückstandserscheinung zu thun: Die disponible Ladung wuchs von selbst. Ich gebe nur ein Beispiel aus vielen.

Am 13. Oktober 1887 wurde das Elektroskop 1 Minute lang sehr stark geladen gehalten und dann bis Strich 80 entladen; der Ausschlag wuchs darauf von selbst bis 88. Jetzt wurde soviel Elektricität entzogen, dass das Blättchen bis 81 sank. Von dem Moment, wo der Strich 80 passirt wurde, beobachtete ich dann das weitere in je 2 Minuten eintretende Sinken. Im Anschluss an diesen Versuch machte ich sofort einen zweiten mit schwacher Anfangsladung. Ich brachte das Blättchen auf 82 herab, es sank weiter, ohne von selbst gestiegen zu sein; und ich beobachtete wieder, vom Momente des Passirens von Strich 80 an, das weitere in je 2 Minuten eingetretene Sinken. Die Ergebnisse dieses Doppelversuchs waren:

Zeit	Sinken bei starker Anfangsladung	Sinken bei schwacher Anfangsladung	Differenz
0—2 min.	1,8 s	3,1 s	1,3 s
2—4 „	2,3	3,1	0,8
4—6 „	2,6	3,0	0,4

1 Skalentheil s = 1/20 mm.

Digitized by Google

Man bemerkt, dass die Blättchen nach voraufgegangener starker Ladung viel langsamer zusammenfallen, als nach schwacher Ladung. Hat man also, unter übrigens gleichen Umständen, bei zwei Versuchen Anfangsladungen von sehr verschiedener Stärke benutzt und sie etwa auch verschieden lange andauern lassen, so erfolgt das Zusammenfallen der Blättchen von derselben Anfangsstellung aus doch nie auf identische Weise, zumal in den ersten paar Minuten, während deren sich der Einfluss des Rückstandes am meisten fühlbar macht. Der hier erkannte Einfluss des zum Messinstrument gehörigen Isolators mahnte zur äussersten Vorsicht. Daher wurde bei den endgiltigen Versuchen immer eine möglichst gleiche Anfangsladung ertheilt, (Ausschlag bis zum Strich 110 bis 120), dieselbe möglichst schnell bis etwa zum Ausschlag 82 vermindert, und der weitere Zusammenfall — wie erwähnt — erst etwa von Strich 79 an beobachtet, um den in den ersten Minuten zu befürchtenden unregelmässigen Einfluss des Rückstandes möglichst auszuschliessen.

Ferner glaube ich bemerkt zu haben, dass wenn nach mehrstündiger Unterbrechung mehrere Versuche dicht hintereinander unter möglichst gleichen Umständen angestellt wurden, die Blättchen beim ersten Versuch meist etwas schneller zusammenfielen als bei den folgenden, so als ob ein Theil der zugeführten Elektricität zur Ladung des Isolators verbraucht würde. Als Beispiel diene der erste Versuch vom 14. Oktober 1887 (I), verglichen mit dem unmittelbar danach angestellten (II) und mit einem zwei Stunden später angestellten (III), nachdem inzwischen dauernd mit dem Instrument gearbeitet war.

	I	II	III
0—2 min.	3,1	2,65	2,7
2—4 „	2,5	2,55	2,6
4—6 „	2,7	2,3	2,3
6—8 „	2,1	2,1	2,2
0—8 min.	10,4	9,6	9,8

Digitized by Google

Der während 8 Minuten durchlaufene Weg des Blättchens ist im ersten Versuch (10,4 Skalentheile) merklich grösser als in den beiden anderen. Solche Bemerkung machte ich wiederholt, jedoch nicht ohne Ausnahme. Doch sind im Folgenden aus Vorsicht alle Versuche weggelassen, welche als erste nach mehrstündiger Unterbrechung angestellt wurden.

7. Weitere Vorversuche. Von weit störenderem Einflusse als der Rückstand zeigten sich die Aenderungen der Luftfeuchtigkeit und der Temperatur, wie das ja schon Coulomb erkannt hat. In Folge dieser Umstände waren Beobachtungen, die an verschiedenen Tagen oder nur zu wesentlich verschiedenen Stunden desselben Tages angestellt waren, überhaupt nicht mit einander vergleichbar. Um eine Vorstellung von der Verschiedenheit der Zerstreuung zu verschiedenen Tageszeiten und an verschiedenen Tagen zu geben, auch wenn die übrigen Bedingungen möglichst unverändert waren, kann folgende Zusammenstellung der Geschwindigkeiten des Blättchens in fünf verschiedenen Versuchen dienen, deren jeder als zweiter Versuch nach längerer Unterbrechung angestellt war.

	8. Okt. Nachm.	12. Okt. Vorm.	14. Okt. Vorm.	14. Okt. Nachm.	15. Okt. Vorm.
0—2 min.	6,65	0,8	2,65	3,7	1 9
2—4 „	6,0	0,9	2,55	3,4	1,9
4—6 „	5,4	1,0	2,3	3,3	1,6
6—8 „	5,55	1,0	2,1	3,3	1,6
0—8 min.	23,6	3,7	9,6	13,7	7,0

Wenn man hier auch die beiden ersten, höchst aussergewöhnlichen Versuche weglässt, so zeigen doch auch die übrigbleibenden, dass die Zerstreuung an einem Tage doppelt so gross sein kann als an einem anderen. Daraus entspringt die Nöthigung, immer nur solche Versuche mit einander zu

Digitized by Google

vergleichen, die unmittelbar nacheinander, also unter möglichst gleichartigen Bedingungen des Luftzustandes, angestellt worden sind.

Ich glaubte Anfangs den Isolator dadurch jedes Mal in denselben Zustand versetzen zu können, dass ich ihn dicht vor jeder Beobachtungsreihe mit der Bunsenflamme stark erhitzte. Dies Verfahren bewährte sich aber nicht, so dass ich es fallen liess.

8. Letzte Vorversuche. Um mich zu überzeugen, ob bei meiner Versuchsanordnung auch wirklich ein wesentlicher Theil der Elektricität sich in die Luft zerstreut, und nicht etwa der Haupttheil durch den Isolator entflieht, stellte ich am 14. Oktober Vormittags nahe nach einander 3 Versuche mit gleichem Anfangspotential an, bei deren mittelstem ich aber die am Horizontalarm hängende Schale entfernt hatte, so dass bei diesem Versuch eine wesentlich kleinere Oberfläche des geladenen Leiters mit der Luft in Berührung stand. Hier musste dann die Zerstreuung geringer sein. Die Zerstreuungsgeschwindigkeiten waren:

Zeit	Mit Schale	Ohne Schale	Mit Schale
0—2 min.	2,7	2,2	2,7
2—4 „	2,25	2,1	2,6
4—6 „	2,5	1,8	2,3
6—8 „	2,2	1,75	2,2
0—8 min.	9,65	7,85	9,8

Diese Versuchsreihe, sowie mehrere analog angestellte, lehren übereinstimmend, dass die Zerstreuung wesentlich langsamer erfolgt, wenn der Leiter durch Entfernung der Schale verkleinert ist, während die Zerstreuung bei dem ersten und letzten Versuch (mit Schale) recht befriedigend übereinstimmt.

Digitized by Google

Hiermit ist nachgewiesen, dass sich ein wesentlicher Theil der Ladung wirklich in die umgebende Luft zerstreut.

9. Versuche mit Wasser. Um zu ermitteln, ob bei der Verdunstung des Wassers von Zimmertemperatur Elektricität durch die Dämpfe fortgeführt wird, stellte ich am 8. Oktober Vormittags bei 18,0° C. dicht hintereinander drei Versuche an, die beiden ersten mit leerer Schale, während sich beim dritten reines Wasser von Zimmertemperatur in der Schale befand. Die Zerstreuungsgeschwindigkeiten waren:

Zeit	Schale leer	Schale leer	Schale voll Wasser
0—2 min.	4,4	4,45	4,3
2—4 „	4,3	4,4	4,3
4—6 „	4,05	4,0	4,2
6—8 „	3,85	4,05	4,0
0—8 min.	16,6	16,9	16,8

In diesen, wie in anderen Versuchen von derselben Anordnung, zeigt sich keine Spur eines Einflusses der Wasserfüllung auf die Zerstreuung der Elektricität.

Sodann benutzte ich kochendes Wasser, das in die stark erhitzte Schale gegossen und, nach Beruhigung des Aufwallens, elektrisirt wurde. Am 17. Oktober wurden unmittelbar nacheinander fünf Versuche angestellt: der erste mit leerer Schale von Zimmertemperatur (20° C.), der zweite mit stark erhitzter leerer Schale, die sodann elektrisirt wurde, der dritte mit der Schale voll heissen Wassers, der vierte mit erhitzter leerer, der fünfte mit der Schale voll heissen Wassers.

Digitized by Google

Zeit	Leere Schale von 20°	Leere Schale erhitzt	Schale voll heiss. Wasser	Leere Schale erhitzt	Schale voll heiss. Wasser
0—2 min.	2,6	3,2	3,0	2,9	2,9
2—4 „	2,6	2,8	2,5	2,5	2,9
4—6 „	2,0	3,1	2,8	2,75	2,6
6—8 „	2,0	2,6	2,6	2,65	2,7
0—8 min.	9,2	11,7	10,9	10,8	11,1

Während der ersten 8 Minuten nach Passirung des Striches durchlief das Blättchen also bei leerer Schale von 20° 9,2 Skalentheile, bei leerer erhitzter Schale (im Mittel beider Versuche) 11,25 s, bei erhitzter Schale voll heissen Wassers (im Mittel beider Versuche) 11,0 s. Die Anwesenheit des heissen stark verdampfenden Wassers in der Schale hat hiernach keinen nachweisbaren Einfluss auf die Zerstreuung der Elektricität. Es nehmen also die Wasserdämpfe, mögen sie von einer mehr oder weniger heissen, elektrisirten Wasserfläche aufsteigen, keine nachweisbaren Elektricitätsmengen mit.

Dass die Elektricitätszerstreuung von der erhitzten Schale schneller stattfindet als von der kalten, hat seinen Grund offenbar in den durch die Temperaturdifferenz erzeugten Luftströmungen, worüber unten (in 11.) mehr.

10. Versuche mit Aether und mit Kältemischung. Der in die flache Schale gegossene Aether verdunstet so schnell, dass die Schale schon nach 9 Minuten fast trocken ist. Dabei ist der Wärmeverbrauch so bedeutend, dass man unterhalb der Schale mit der Hand den kalten herabsinkenden Strom von Luft und Aetherdampf fühlen kann. Diese Bemerkung führte dazu, jedes Mal unter möglichst gleichen Umständen Parallelversuche mit Aether und mit unter 0° abgekühltem Salzwasser, einer Kältemischung von Kochsalz und Schnee entstammend, anzustellen. Die hauptsächlichsten meiner Versuchsreihen theile ich nun mit. Am 8. Oktober

Digitized by Google

Nachmittags stellte ich unmittelbar nacheinander 2 Versuche mit leerer Schale und 2 Versuche mit Kältemischung an, darauf nach einviertelstündiger Pause, während deren aber das Elektroskop schwach geladen blieb, einen Versuch mit leerer Schale, einen mit Aether, und wieder einen mit leerer Schale.

Zeit	Leere Schale	Leere Schale	Kälte-misch.	Kälte-misch.	Leere Schale	Aether	Leere Schale
0—2 min.	6,4	6,65	7,1	7,8	7,7	9,0	8,0
2—4 „	5,9	6,0	7,3	7,1	7,1	8,0	7,4
4—6 „	5,5	5,4	6,6	6,8	6,7	7,2	7,1
6—8 „	5,4	5,55	5,5	6,2	6,5	6,8	6,5
0—8 min.	23,2	23,6	26,5	27,9	28,0	31,0	29,0

Diese Versuche lehren, besonders bei Betrachtung der Zahlen der letzten Horizontalreihe, folgendes: Während die ersten beiden Versuchsreihen (mit leerer Schale) sehr gleichartigen Verlauf der Zerstreuung zeigen, ist letztere bei Füllung der Schale mit sehr kaltem Wasser wesentlich beschleunigt; beim ersten Kälteversuch durchläuft das Blättchen binnen 8 Minuten 2,9 Skalentheile mehr als beim vorhergehenden Leerschalen-Versuch. Durch die Versuche mit dem kalten Wasser scheint das Isolationsvermögen so verschlechtert zu sein, dass bei dem 15 Minuten später angestellten Leerschalen-Versuch die Zerstreuung genau so gross ist wie bei dem zuletzt vorhergegangenen Versuch mit der Kältemischung. Aber bei dem nun folgenden Versuch mit Aether durchläuft das Blättchen doch binnen 8 Minuten noch 3,0 Skalentheile mehr. Die Beschleunigung der Zerstreuung gegenüber dem vorhergehenden Leerschalen-Versuch hat also merklich gleichviel betragen, wenn man die Schale mit sehr kaltem Wasser oder wenn man sie mit Aether gefüllt hat. Bei-

Digitized by Google

läufig sei bemerkt, dass alle an diesem Nachmittage beobachteten Zerstreuungsgrössen bei Weitem grösser waren als ich sie je sonst beobachtet habe.

Die Versuche vom 14. Oktober Vormittags ergaben:

Zeit	Leere Schale	Aether	Leere Schale
0—2 min.	2,4	3,0	2,7
2—4 „	2,6	2,5	2,3
4—6 „	2,15	2,55	2,5
6—8 „	2,0	2,1	2,2
0—8 min.	9,15	10,15	9,7

Vergleicht man das Mittel der beiden Leerschalen-Versuche mit dem Aetherversuch, so zeigt sich, dass in letzterem das Blättchen binnen 8 Minuten 0,73 Skalentheile mehr durchlaufen. Also lehrt auch diese Versuchsreihe eine freilich nur geringe Beschleunigung der Zerstreuung durch die Aetherfüllung der Schale.

Aus der grösseren Zahl von Versuchen vom 14. Oktober Nachmittags theile ich 3 unmittelbar nacheinander angestellte mit, der erste mit leerer Schale, die beiden folgenden mit Aether; sodann 5 weitere, nach viertelstündiger Unterbrechung angestellte, theils mit leerer Schale, theils mit Kältemischung.

Zeit	Leere Schale	Aether	Aether	Leere Schale	Kälte-misch.	Leere Schale	Kälte-misch.	Leere Schale
0—2 min.	3,7	3,7	3,7	5,7	3,7	3,6	4,0	4,5
2—4 „	3,4	3,6	3,3	3,2	3,2	3,2	3,8	3,4
4—6 „	3,3	3,4	3,4	3,1	3,0	3,1	3,4	3,4
6—8 „	3,3	3,2	3,1	3,3	3,0	3,1	3,1	3,3
0—8 min.	13,7	13,9	13,5	13,3	12,9	13,0	14 3	14,6

Digitized by Google

Bildet man aus den Zahlen der beiden Aetherversuche das Mittel, so findet man es übereinstimmend mit dem Leerschalenversuch (13,7).

In diesem Falle war also gar kein Einfluss des Aethers erkennbar.

Auch der erste Kältemischungsversuch unterscheidet sich nicht merklich von dem dicht vorher und dem dicht nachher angestellten Leerschalenversuch. Bei den letzten Versuchen nahm aber die Isolirung allmählich ab, vielleicht weil die Zimmertemperatur von 17,5° auf 16,7° gesunken war. Ich bilde daher das Mittel der letzten drei Leerschalenversuche und vergleiche es mit dem Mittel der beiden Kältemischungsversuche, und finde:

Zeit	Leere Schale	Kältemischung	Differenz
0 2 min.	3,93	3,85	+ 0,08
2—4 „	3,27	3,50	— 0,23
4—6 „	3,20	3,20	+ 0,00
6—8 „	3,23	3,05	+ 0,18
0—8 min.	13,63	13,60	+ 0,03

Hier ist also nicht der mindeste Einfluss der Kältemischung nachweisbar, gerade so wie vorher kein Einfluss des Aethers.

Als letzte sei die Versuchsreihe vom 15. Oktober Vormittags mitgetheilt. Nach dem Versuch mit Kältemischung fand eine viertelstündige Unterbrechung statt, während deren aber — wie immer in solchen Fällen — das Elektroskop schwach geladen gehalten war. Die folgenden fünf Versuche schlossen sich dann unmittelbar an.

Digitized by Google

Zeit	Leere Schale	Kälte-misch.	Leere Schale	Aether	Leere Schale	Aether	Leere Schale
0—2 min.	1,9	2,5	1,85	2,0	2,5	2,0	2,0
2—4 „	1,9	1,95	1,35	1,95	1,9	1,9	1,9
4—6 „	1,6	1,75	1,7	1,7	1,7	1,8	1,85
6—8 „	1,6	1,5	1,4	1,5	1,6	1,45	1,4
0—8 min.	7,0	7,7	6,3	7,15	7,7	7,15	7,15

Der Kältemischungsversuch lässt gegen den dicht vorhergehenden Leerschalenversuch eine geringe Beschleunigung der Zerstreuung erkennen (0,7), besonders in den ersten Minuten; etwa eben so gross ist die Beschleunigung beim ersten Aetherversuch gegenüber dem dicht vorhergegangenen Leerschalenversuch (0,85), wieder besonders in den ersten Minuten. Die folgenden Versuche freilich verrathen keinen nennenswerthen Einfluss des Aethers auf die Zerstreuung der Elektricität; bildet man nämlich das Mittel der drei letzten Leerschalenversuche und vergleicht es mit dem Mittel der beiden Aetherversuche, so findet man sie im Wesentlichen übereinstimmend.

Zeit	Leere Schale	Aether	Differenz
0—2 min.	2,12	2,00	+ 0,12
2—4 „	1,72	1,92	− 0,20
4—6 „	1,75	1,75	± 0,00
6—8 „	1,47	1,48	− 0,01
0—8 „	7,06	7,15	− 0,09

Ausser den mitgetheilten habe ich noch mehrere Versuche derselben Art gemacht, aber ohne wesentlich andere Ergebnisse.

Zusammenfassend kann ich sagen, dass sich die Aetherfüllung der Schale in manchen Fällen ohne nennenswerthen

Digitized by Google

Einfluss auf die Elektricitätszerstreuung gezeigt hat, in anderen Fällen aber eine Beschleunigung derselben bewirkt hat. Unter allen Umständen war aber das Verhalten der mit Kältemischung gefüllten Schale in den gleichzeitig angestellten Parallelversuchen mit dem Verhalten der Aetherschale übereinstimmend. Daraus geht hervor, dass jedenfalls nicht die Dämpfe als Träger der Elektricität wirksam gewesen sind, sondern dass nur die in Folge der Temperaturdifferenz eingetretenen Luftströmungen für die veränderte Elektricitätszerstreuung verantwortlich gemacht werden können.

11. Einfluss der Luftbewegung auf die Elektricitäts-Zerstreuung. Schon in den nach Exners Verfahren (§ 4, pag. 29) ausgeführten Versuchen, und dann in den eben besprochenen mit Kältemischung (§ 10) und auch mit erhitzter Schale (§ 9, pag. 37) hat sich sehr deutlich eine Beschleunigung der Elektricitätszerstreuung durch stärkere Bewegung der Luft, — wie sie durch Temperaturdifferenzen erzeugt wird, — gezeigt. Dadurch ist dann auch die Zerstreuungs-Beschleunigung von der mit Aether gefüllten Schale ohne Weiteres verständlich geworden. Ich hielt es aber doch für nöthig, diese Beschleunigung durch Bewegung der Luft auch noch direkt nachzuweisen. Dazu wurde zwischen je zwei Mikroskopablesungen Luft mit einem Handblasebalg ziemlich stark gegen die Schale oder an ihr vorbei geblasen, wobei sie einigermassen in's Schwanken gerieth. Ein solcher Versuch wurde z. B. am 14. Oktober Vormittags zwischen dem in § 8, pag. 35 mitgetheilten Versuch mit Schale und dem folgenden ohne Schale eingeschaltet. Also ist er mit dem Mittel der obigen beiden Schalenversuche, deren erster dicht vor ihm, deren zweiter $^1/_4$ Stunde nach ihm angestellt wurde, direkt zu vergleichen.

Digitized by Google

Zeit	Bewegte Luft	Stille Luft	Differenz
0—2 min.	3,4	2,70	0,70
2—4 „	2,8	2,42	0,38
4—6 „	3.1	2,40	0,70
6—8 „	2,8	2,20	0,60
0—8 min.	12,1	9,72	2,38

Hier zeigt sich also eine sehr wesentliche Beschleunigung der Zerstreuung durch das Blasen. Dasselbe Ergebniss fand ich noch öfter.

Später habe ich auch noch eine etwas geänderte Versuchsanordnung angewandt. Ich elektrisirte nämlich die Schale und beobachtete die Elektricitätszerstreuung, indem ich die Schale erst einige Minuten ruhig hängen liess, sie dann während einiger Minuten zwischen je zwei Ablesungen mit dem Blasebalg anblies, sie dann wieder einige Minuten ruhig hängen liess u. s. f. So erhielt ich am 3. Januar 1888 folgende Beobachtungsreihe, in der die dritte Spalte die vom Blättchen in je 2 Minuten durchlaufenen Strecken enthält.

Zeit	Strich	Strecke	Luftbewegung
11 h 25 m 0 sec.	84,8		
		0,9	
27	83,9	0,8	Schale ruhig.
29	83,1	0,9	
31	82,2		
		1,2	
33	81,0	0,9	
35	80,1	1,2	Schale angeblasen.
37	78,9	1,1	
39	77,8		
		0,9	
41	76,9	0,9	
43	76,0	1,0	Schale ruhig.
45	75,0	0,9	
47	74,1		
		1,3	Schale angeblasen.
49	72,8		

Digitized by Google

In der ersten und zweiten Periode des ruhigen Hängens der Schale betrug hiernach die minutlich durchlaufene Strecke 0,43 und 0,46 Skalentheile, während in den beiden Blaseperioden minutlich 0,55 resp. 0,65 Skalentheile durchlaufen wurden.

Ich stellte noch einige ganz analoge Versuche, jedoch mit Weglassung der Schale, an, so dass nur der Knopf des Horizontalarms angeblasen wurde. So fand ich z. B. am 3. Januar 1888:

Zeit	Strich	Strecke	Luftbewegung
11h 59m 0sec.	89,4		
		1,1	
12 1 0	88,3		Ohne Blasen.
		0,9	
3	87,4		
		0,9	
5	86,5		
		1,5	
7	85,0		
		1,3	Mit Blasen.
9	83,7		
		0,7	
11	83,0		
		0,9	
13	82,1		
		0,7	Ohne Blasen.
15	81,4		
		0,7	
17	80,7		
		1,0	
19	79,7		
		0,9	Mit Blasen.
21	78,8		
		0,8	
23	78,0		
		0,9	
25	77,1		
		0,8	
27	76,3		Ohne Blasen.
		0,6	
29	75,7		
		0,8	
31	74,9		
		1,0	
33	73,9		Mit Blasen
		0,9	
35	73,0		

Also hat das Blättchen in den aufeinander folgenden Perioden ohne und mit Blasen minutlich folgende Strecken durchlaufen:

Ohne Blasen	0,48	0,38	0,39	
Mit „		0,58	0,45	0,47

Digitized by Google

Aus diesen Versuchen folgt, dass die Elektricitätszerstreuung in bewegter Luft schneller geschieht als in ruhiger, vermuthlich in Folge der grösseren Anzahl der in gleichen Zeiten herangeführten Staubtheilchen, die sich an dem elektrisirten Körper laden. Jedenfalls ist nicht eine etwaige entgegengesetzte Elektrisirung der durch den Blasebalg geschickten Luft als Ursache der schnelleren Zerstreuung anzusehen; denn die Beschleunigung der Zerstreuung durch's Blasen liess sich ebensogut nachweisen, wenn die Schale (+), als wenn sie (—) geladen war.

Ich bin auf diesen Gegenstand etwas ausführlicher eingegangen, weil ältere Versuche von Matteucci[1]) das entgegengesetzte Resultat ergeben hatten, und weil letzteres — trotz seiner inneren Unwahrscheinlichkeit — Eingang in gute Werke über Elektricität gefunden hat.[2]) Ich kann auf Grund meiner mitgetheilten Versuche die Ergebnisse Matteuccis nur für falsch halten.

12. Die wesentlichsten Ergebnisse sind folgende:

1) Die durch Elektricität bewirkte Verdunstungsbeschleunigung im Allgemeinen, und die Exner'sche Versuchsanordnung im Besonderen, ist nicht geeignet zur Beantwortung der Frage, ob die Dämpfe einer elektrisirten Flüssigkeit Elektricität mit sich nehmen.

2) Aus Herrn Exner's Versuchen über den Uebergang der Elektricität von einer mit Aether gefüllten Schale auf ein anderes Gefäss lässt sich kein Schluss auf die Mitnahme der Elektricität durch die Aetherdämpfe ziehen.

3) Versuche über Zerstreuung der Elektricität lassen

---

1) Ann. de Chim. et de Phys. 3. sér. tom. 28. Seite 386. 1850.

2) E. Mascart: Handb. d. stat. Elektr. Deutsch von Wallentin. I. § 41. Seite 101. Wien 1883. G. Wiedemann: D. Lehre v. d. E. Bd. IV. 2. Abth. Seite 610 giebt das Resultat als „unsicher" an.

Digitized by Google

keine Spur einer Mitnahme der E durch die Dämpfe von Wasser oder von Aether erkennen.

4. Beiläufig hat sich ergeben, dass Bewegung der Luft die Elektricitätszerstreuung beschleunigt.

Nachdem also die den Blake'schen Ergebnissen scheinbar widersprechenden des Herrn Exner als hinfällig erwiesen, und die Blake'schen Resultate durch meine gänzlich anders angeordneten Versuche über Zerstreuung vollständig bestätigt sind, darf man behaupten, dass eine Mitnahme der Elektricität durch die Dämpfe einer elektrisirten Flüssigkeit bisher durchaus nicht nachweisbar ist.

Zu Gunsten dieser Anschauung lässt sich schliesslich nur noch eine allgemeine Ueberlegung anführen, nämlich die: dass die Elektricität eines frei schwebenden geladenen Tropfens beim gänzlichen Verdunsten desselben doch an das umgebende gasförmige Medium übergehen muss! Indessen scheint die Verwirklichung dieses gedachten Vorganges mit sehr grossen Schwierigkeiten verknüpft zu sein. Zwar erzeugt Hr. Linss[1]) zu dem Zwecke mittelst eines isolirten, elektrisirten Zerstäubungsapparats eine Wolke kleiner geladener Tröpfchen. Alsdann zeigt ein Elektrometer vermittelst eines Flammenkollektors noch $^1/_4$ Stunde später beträchtliche Ausschläge. Hieraus kann man aber keinen Schluss auf Elektrisirung der Zimmerluft ziehen, wie Hr. Linss will. Denn die elektrisirten Tröpfchen können unmöglich reine Flüssigkeit bleiben; sondern sie müssen sofort Staubtheilchen an sich ziehen und, wegen der Benetzung letzterer, mit ihnen verbunden bleiben. Wenn sie dann verdunsten, lassen sie die Staubtheilchen geladen zurück. — In welcher Weise die Elektricität eines völlig reinen Flüssigkeitstropfens bei seinem Verdunsten sich der

1) Ueber einige die Wolken- und Luftelektricität betreffende Probleme. In der Meteorologischen Zeitschr. Oktober 1887. S. 356.

Digitized by Google

umgebenden Luft mittheilen kann: darüber sind wir zur Zeit gänzlich in Unkenntniss.

Somit glaube ich vollständig bewiesen zu haben, dass eine Theorie der Luftelektricität, welche die Mitnahme der Elektricität durch die von der geladenen Erde aufsteigenden Wasserdämpfe zur Grundlage hat, bis jetzt jeder experimentellen Stütze entbehrt.

II.

Theoretischer Theil.

13. Die Betrachtungen, welche ich vor einiger Zeit über den Ursprung der gewöhnlichen Elektricität der Atmosphäre veröffentlicht habe,[1]) muss ich, mit Rücksicht auf das Folgende, hier kurz wiederholen.

„Es ist Thatsache, dass sehr oft zwei oder mehr Luftströme von verschiedener Richtung übereinander fliessen . . . und dass sie meistens sehr verschiedene Temperatur besitzen. Sobald nun der eine von zwei aneinander hinfliessenden Luftströmen Eistheilchen mit sich führt, der andere Wassertheilchen, so muss . . . wegen der Reibung der Wassertheilchen an den Eistheilchen Erregung von Elektricität die Folge sein: Die Eistheilchen werden positiv,[2])

1) Der Ursprung der Gewitter-Elektricität und der gewöhnlichen Elektricität der Atmosphäre. Jena. Fischer. 1885. Seite 55 und 56.

2) In der oben citirten Abhandlung über atmosphärische Elektricität vom Jahre 1886 sagt Herr Exner (Seite 50) nach Anführung einiger Bedenken gegen meine Ansichten über die Luftelektricität: „Es ergeben sich aber noch andere bedeutendere Schwierigkeiten. Vor Allem ist der Schnee keineswegs immer positiv, sondern häufig auch negativ;“ u. s. f. Und ein Jahr später sagt derselbe Autor über denselben Gegenstand (Ueber die Abhängigkeit der atmosphärischen Elektricität vom Wassergehalt der Luft. Sitzungsber. d. Wiener Akad. Bd. 96. II. Abth. Juli 1887): „Es wurde erwähnt, dass das Regenwasser immer negativ ist: eine Ausnahme davon habe ich nur im Winter gefunden, wenn Regen und Schnee abwechselnd

Digitized by Google

die Wassertheilchen negativ elektrisch. Welcher von den beiden Strömen oberhalb des anderen fliesst, dass lässt sich nicht allgemein angeben. Da aber die Temperatur durchschnittlich nach oben hin abnimmt, so wird in der überwiegenden Mehrzahl der Fälle der Eisstrom als oberhalb des Wasserstroms fliessend vorausgesetzt werden dürfen. Daraus folgt, dass man, bei einer schematisch vereinfachten Betrachtung, als Grenze beider Ströme die Isothermfläche Null annehmen darf, oberhalb deren sich also positive, unterhalb deren sich negative Elektricität entwickelt. Nun gelangen natürlich die Wassertheilchen, da sie den minder hoch fliessenden Luftströmen angehören, im Allgemeinen früher zur Erde (in der Gestalt von Regen) als die Eistheilchen der oberen Ströme mit ihrer + E. Indem die Regentropfen ihre — E an die Erde abgeben, so muss die Erdoberfläche negativ elektrisch werden, und sie muss auch negativ bleiben, weil dieser Process sich unaufhörlich wiederholt. In den höheren Luftschichten aber muss die + E der geriebenen Eistheilchen vorwiegen. Mit Rücksicht hierauf ist man berechtigt, die Isothermfläche Null, obgleich an ihr beide Arten von Elektricität entstehen, doch als überwiegend positiv elektrisch anzusehen."

---

fällt. Letzterer scheint immer positiv zu sein, obgleich ich nur wenige Beobachtungen darüber anzustellen Gelegenheit hatte." — Wo bleibt nun die „bedeutende Schwierigkeit", die meine Ansicht darbieten soll? Uebrigens möchte ich bemerken, dass man aus etwaigen negativen Angaben des Elektrometers bei Schneefall noch keineswegs schliessen darf, der Schnee selbst sei negativ. Denn bei Reibung von Stahl, Messing, Glas, Wasser an Eis werden, wie ich bewiesen habe (Elektrisirung von Eis durch Wasserreibung, Wiedemann's Annal. d. Physik. Bd. 28. 1886, p. 559 und 560), erstere Substanzen stets negativ, das Eis positiv. Wenn also unelektrischer oder selbst schwach positiver Schnee einigermassen heftig reibend gegen den Sammelapparat der atmosphärischen Elektricität getrieben wird, muss dieser selbst negativ werden.

Digitized by Google

Vergleicht man diese Hypothese mit der von Herrn W. Thomson aufgestellten Ansicht,[1]) nach welcher das Erdganze als eine kugelförmige Leydener Flasche aufzufassen ist, deren Isolator die Luft, deren Innenbelegung die negativ geladene Erde, deren Aussenbelegung die höheren Luftschichten sind, welche Thomson ohne weitere Begründung als positiv voraussetzt, so erkennt man, dass ich für die Thomsonsche Vorstellung eine physikalische Unterlage zu gewinnen gesucht habe. Das Bild der Leydener Flasche trifft bei mir nur insoweit nicht zu, als die Aussenbelegung nicht von einem Leiter, sondern von einem positiv elektrisirten Isolator, nämlich den elektrisirten Eiskryställchen der oberen Luftschichten, gebildet wird.

Uebrigens giebt es neben der gegenseitigen Reibung von Wasser- und Eistheilchen vermuthlich noch andere Quellen der Luftelektricität. Denn abgesehen von der Reibung von Tröpfchen und Eiskrystallen am Boden[2]) muss auch der durch Wind emporgetriebene Staub negative Elektricität der Erdoberfläche mitnehmen.[3]) Ebenso müssen, worauf Hr. Exner mit Recht hinweist, vom Wellenschaum des Meeres viele Wassertheilchen durch den Sturm in die Atmosphäre übergeführt werden und ihre — E mitnehmen. Einen Beweis für letzteren Vorgang bietet schon die ungemeine Verbreitung des Natriums, das sich ja, nach Ausweis der spektralen Natriumreaktion, fast in allem Staube findet und wohl nur auf diese Weise in die Luft gelangen kann.[4]) Die Herbeibringung von — E, d. h. die Verkleinerung

1) Atmospheric Electricity. Reprint of papers on Electrostatics and Magnetism. By Sir W. Thomson. London 1872. Seite 218. Sektion 281.

2) Sohncke: Der Ursprung der Gewitter-Elektrität. Seite 57.

3) Ebenda. Seite 61.

4) Vergl. dazu die überzeugenden Betrachtungen von Kirchhoff und Bunsen in ihrer Abhandlung über Spektralanalyse. Poggend. Annal. 110. 1860. Seite 168 u. 169.

Digitized by Google

des + Potentialgefälles durch solchen Wellengischt hat Hr. Exner auch direkt beobachten können.[1])

14. Die periodischen Aenderungen der Luftelektricität, sowohl die Tages- als die Jahresperiode, führe ich nun darauf zurück, dass die Lage der Isothermfläche Null, und mit ihr natürlich auch diejenige der diesseits und jenseits befindlichen elektrisirten Theilchen, sich in gleicher Weise periodisch ändert. Das will Hr. Exner nicht gelten lassen, sondern er sagt:[2]) „Das Potentialgefälle hängt nur ab von den Ladungen der Erde und der Temperaturfläche 0°, nicht aber von deren Entfernungen, so dass dasselbe konstant bleiben müsste; es kann also auf diese Weise der Unterschied zwischen Sommer und Winter nicht erklärt werden. Das Gleiche gilt von den täglichen Maximis und Minimis des Potentialgefälles." In gleichem Sinne äussert sich Hr. J. Kollert,[3]) indem er zugleich eine Rechnung dazu anstellt.

Und doch ist es äusserst leicht einzusehen, dass dieser Einwurf unbegründet ist. Freilich wenn die Isothermfläche Null dauernd als gleichförmig elektrisirte Kugelfläche die Erdkugel koncentrisch umgäbe, und sich koncentrisch ausdehnte und zusammenzöge, so bliebe das Potentialgefälle am Erdboden dadurch unberührt. Nun aber ist jene Fläche weit davon entfernt, diese Bedingungen zu erfüllen. Sie ist vielmehr sicherlich in ausserordentlichem Grade ungleichförmig elektrisirt und unregelmässig gestaltet. Viele Theile derselben werden vermuthlich gar nicht oder nur äusserst schwach, andere wieder sehr stark elektrisch sein. Ueber derjenigen Hälfte der Erde, welche etwa eben Sommer hat, wird sie durchschnittlich sehr hoch liegen; dagegen

1) Sitzungsber. d. Wien. Akad. 96. II. Abth. Juli 1887. S. 49.

2) Sitzungsber. d. Wien. Akad. 93. II. Abth. Febr. 1886. S. 50.

3) Die neueren Beobachtungen und Theorien d. atm. Elektr. Elektrotechnische Zeitschrift 1887. Juli. Seite 324.

Digitized by Google

über einem grossen Theil der winterlichen Erdhälfte gänzlich fehlen, nämlich schon längst in die Erde eingedrungen sein, so dass alle unter ihr befindlich gewesenen negativ elektrisirten Massen hier verschwunden sind. In den Gebieten barometrischer Maxima wird sie eine ganz andere Höhenlage haben als in denen barometrischer Minima. Auf der Tagseite der Erde muss sie immer weit höher liegen als auf der Nachtseite, am höchsten wohl über jenen Orten, die vor wenigen Stunden Mittag gehabt haben.

Dass die Isothermfläche Null über einem und demselben Orte der Erdoberfläche ihre Höhenlage binnen 24 Stunden sehr beträchtlich ändert, hat sich aus vielen bei Luftfahrten angestellten Beobachtungen als höchst wahrscheinlich nachweisen lassen.[1]) Es folgt auch schon aus manchen älteren Messungen der Aenderung der Wolkenhöhe mit der Tageszeit; besonders deutlich aber aus neueren im Sommer angestellten Messungen der Herren Ekholm und Hagström.[2]) Für die Cumuluswolken ergab sich, dass sowohl die Höhe ihrer Gipfel als ihre vertikal gemessene Mächtigkeit ein Maximum um $1^h 30^m$ Nachmittag besitzt (a. a. O. Seite 75); für die, bekanntlich aus Eiskrystallen bestehenden Cirruswolken sowie für alle übrigen Wolken lautet das Ergebniss: „Die mittlere Höhe dieser sämmtlichen Wolken steigt im Laufe des Tages. Die Aenderung beläuft sich auf nahezu 2000 m." (Seite 77). Lagenänderungen von diesem Betrage hat man demnach für die Isothermfläche Null binnen 24 Stunden vorauszusetzen.

Wenn nun irgend wo ein positiv geladenes Stück der Isothermfläche Null sich herabsenkt, während in seitlich davon gelegenen Gegenden

1) Sohncke: Der Ursprung der Gewitter-Elektricität. Seite 10.

2) Die Höhe der Wolken im Sommer zu Upsala. In der Meteorolog. Zeitschrift März 1887. Jahrg. IV. Seite 73—78.

Digitized by Google

die Senkung nicht so stark ist, — ein Fall, der sich z. B. allnächtlich verwirklicht, — so wird im Erdkörper hier negative Influenzelektricität herbeigezogen. Jetzt muss das Potentialgefälle im Beobachtungsort an der Erdoberfläche gewachsen sein.

15. Dieser Vorgang soll nun unter vereinfachenden Annahmen rechnerisch verfolgt und die Grösse der so bewirkten Aenderung des Potentialgefälles ermittelt werden. Als Anfangszustand nehme ich denjenigen an, dass die Isothermfläche Null die Erdkugel koncentrisch umgiebt, was im Frühling und Herbst am ehesten verwirklicht sein dürfte. Ferner denke ich, nur zur Ermöglichung einfacher Rechnung, alle negativ elektrisirten Wassertheilchen zur Erde gelangt, alle positiv elektrisirten Eistheilchen gleichmässig über die Isothermfläche Null vertheilt, so dass auf letzterer die Gesammtladung + E mit gleichförmiger Flächendichtigkeit verbreitet ist. Die Ladung der leitenden Erdkugel ist dann — E, da sie gänzlich als aus der Reibung herstammend vorausgesetzt wird. Weil eine gleichförmig mit Elektricität belegte Kugel nach innen keine elektrische Wirkung ausübt, so findet vorläufig keine Influenz statt; es sind also keine anderen Elektricitätsmengen als die beiden genannten gleichförmigen Belegungen vorhanden. Bedeutet nun R den Radius der als kugelförmig betrachteten Erde, H die Höhe der Isothermfläche Null, x die (als gering vorausgesetzte) Höhe des Beobachtungsortes P über dem Erdboden, so ist das Potential aller vorhandenen Elektricität auf den Punkt P:

$$V = \frac{E}{R+H} - \frac{E}{R+x}$$

und das Potential im Innern der Erdkugel ist:

$$V_0 = \frac{E}{R+H} - \frac{E}{R}$$

Digitized by Google

Also ist die gewöhnlich beobachtete Grösse $V - V_o$ unabhängig von der Entfernung H der Isothermfläche Null über dem Erdboden. Dasselbe gilt vom Potentialgefälle $\frac{dV}{dx} = \frac{E}{(R+x)^2}$, welches übrigens bei Beobachtungen dicht am Boden ($x = o$) übergeht in $\frac{d\bar{V}}{dx} = \frac{E}{R^2}$. Diese Betrachtung ist es, aus welcher die Herren Exner und Kollert die Unmöglichkeit folgern, Aenderungen des Potentialgefälles durch Lagenänderungen der positiven Isothermfläche Null zu erklären; denn das Potentialgefälle ist unabhängig von der Höhe H. Dieser Schluss träfe aber doch nur dann zu, wenn die Lagenänderung so erfolgte, dass jene Fläche dabei eine zur Erdoberfläche koncentrische Kugel bliebe! Letzteres kann aber nie stattfinden; denn dazu wäre erforderlich, dass immer alle Punkte der Erde gleiche Tageszeit, gleiche Jahreszeit und auch gleiches Wetter hätten. Jener Schluss ist also falsch.

Um nun zu ermitteln, in welcher Weise sich das Potentialgefälle in jenem Punkt P der Atmosphäre durch Herabsinken eines über ihm befindlichen Theils der positiv geladenen Fläche ändert, betrachte ich zunächst den einfachsten denkbaren Fall.

16. Eine in einem Punkt koncentrirte Elektricitätsmenge + e werde aus der gleichförmig (+) elektrisirten Kugelfläche (vom Radius R+H) herausgenommen und vertikal abwärts in die Höhe h über dem Erdboden verlegt. Gefragt wird, wie sich dadurch das Potentialgefälle in dem in derselben Vertikalen, aber in der noch geringeren Höhe x über dem Erdboden befindlichen Punkte P ändert.

Diese Verlegung von + e ist so in Rechnung zu setzen. Zunächst bringt man − e an den Ort der Kugelfläche, von

Digitized by Google

welchem + e fortgenommen werden soll; dann ist + e dort beseitigt. Darauf bringt man + e an seinen neuen Ort. Da die Kugelfläche R + H als elektrisirter Isolator vorausgesetzt ist, so ändert sich die Anordnung der übrigen Elektricität auf ihr hierbei nicht. Nur die elektrische Belegung der Erdkugel erfährt durch Influenz eine Veränderung; letztere lässt sich vermittelst der Thomson'schen elektrischen Bilder leicht angeben.

Es hat nun nicht die mindeste Schwierigkeit, für den Punkt P das Potential V der gesammten Elektricität, (die ja in diesem Falle so wirkt, als sei sie homogen auf der Oberfläche der Kugel R + H, und ausserdem im Centrum und in vier gewissen Punkten des durch P gehenden Radius angeordnet), anzugeben, und dann $\frac{dV}{dx}$ zu bilden. Aber letztere Grösse erscheint in wenig übersichtlicher Form, so lange man sie für Punkte bildet, die nicht ganz nah am Boden liegen. Daher empfiehlt sich ein anderer Weg, der von vornherein sehr einfach zur Ermittelung des Potentialgefälles unmittelbar am Erdboden führt. Dieses Potentialgefälle ist nämlich (nach dem Hauptsatz über Flächenpotentiale) = der mit -4π multiplicirten Dichtigkeit der elektrischen Flächenbelegung in jenem Punkte P des Bodens. Nun setzt sich die Flächenbelegung η im vorliegenden Fall aus drei Antheilen zusammen, die sich einfach algebraisch addiren; zu der ursprünglichen Belegung η_1 in Folge der gleichförmig verbreiteten Ladung — E der Erdkugel kommen die Belegungen η_2 und η_3, die durch die Influenz des oberen negativen und des unteren positiven Punkts e erzeugt werden. Nun ist bekanntlich[1]) die durch Influenz eines äusseren

1) Vgl. z. B. F. Neumann: Vorles. üb. d. Theorie d. Potentials u. s. f. Herausgg. von C. Neumann. Leipzig 1887. Seite 180. Gl. 11. oder: Mascart u. Joubert: Lehrb. d. Elektr. und des Magnetism.

Digitized by Google

Punkts in einem Oberflächenpunkt einer benachbarten leitenden Kugel hervorgerufene Flächendichtigkeit

$$1) \qquad = \frac{1}{4\pi R}\left\{\frac{e}{R+h} - \frac{e[(R+h)^2 - R^2]}{l^3}\right\},$$

wenn R den Radius, R + h den Centralabstand der influirenden Elektricitätsmenge e, l ihren Abstand von dem Oberflächenpunkte bedeutet.

Man hat also:

$$2) \qquad \frac{dV}{dx} = -4\pi \cdot (\eta_1 + \eta_2 + \eta_3),$$

wo $\eta_1 = -\frac{E}{4\pi R^2}$

$$\eta_2 = \frac{1}{4\pi R} \cdot \left\{\frac{-e}{R+H} + \frac{e[(R+H)^2 - R^2]}{H^3}\right\}$$

$$\eta_3 = \frac{1}{4\pi R} \cdot \left\{\frac{+e}{R+h} - \frac{e[(R+h)^2 - R^2]}{h^3}\right\}.$$

Also:

$$\frac{dV}{dx} = \frac{E}{R^2} \cdot \left\{1 - \frac{e}{E} \cdot \frac{H-h}{R} \cdot \frac{1}{\left(1+\frac{H}{R}\right)\left(1+\frac{h}{R}\right)} + \frac{2e}{E}\left(\frac{1}{h^2} - \frac{1}{H^2}\right) R^2 \cdot \left(1 + \frac{h}{2R} \frac{1}{1+\frac{h}{H}}\right)\right\}$$

Beachtet man, dass $\frac{e}{E}$ unter allen Umständen nur ein äusserst kleiner Bruch sein kann, und dass $\frac{H-h}{R}$ auch sicher unter $\frac{1}{1000}$ bleibt, [denn H ist etwa = 3000 bis

Deutsch v. Levy. 1886 Bd. I. Seite 155 oder: Mascart: Handb. d. stat. El. Deutsch von Wallentin. 1883. Bd. I Seite 434.

Digitized by Google

höchstens 5000 m anzunehmen], so sieht man, dass das zweite Glied in der Parenthese keinen irgend merklichen Einfluss haben kann. Es wird also fortgelassen. Desgleichen wird der letzte Faktor des letzten Gliedes = 1 gesetzt, wobei eine Grösse von kaum $\frac{1}{6000}$ gegen 1 vernachlässigt wird. Man hat also mit sehr grosser Annäherung

$$3) \qquad \frac{d\overline{V}}{dx} = \frac{E}{R^2} \cdot \left\{1 + 2\frac{e}{E}\left(\frac{1}{h^2} - \frac{1}{H^2}\right) R^2\right\}$$

Weil das Potentialgefälle im Anfangszustand $= \frac{E}{R^2}$ betrug, so hat es also durch die Senkung des (+) elektrischen Punktes e eine Zunahme erfahren, denn das in der Parenthese zu 1 hinzukommende Glied ist für ein positives e unter allen Umständen positiv.

Um eine Vorstellung von dem Betrage dieser Zunahme zu erhalten, muss man bestimmte Annahmen über die Menge e und ihre beiden Höhenlagen machen. H werde = 4000 m angenommen. Zunächst denke ich mir nun diejenige Elektricitätsmenge, welche auf der homogen elektrisirten Isothermfläche Null etwa $\frac{1}{100}$ Quadratmeile bedeckte, in einen Punkt dieser Fläche zusammengezogen, so wird dadurch die Flächendichtigkeit in dem vertikal darunter liegenden Punkt der Erdoberfläche nur so unerheblich geändert werden, dass von dieser Aenderung abgesehen und obige Formel ohne Weiteres angewendet werden kann. Die Menge e ist aber in diesem Fall nahe $= \frac{E}{1000 \text{ Millionen}}$, denn die Erdoberfläche enthält angenähert 10 Millionen Quadratmeilen (genauer $9^1/_4$).

Würde man in gleicher Weise die Elektricitätsmenge, welche $\frac{1}{10}$ Quadratmeile der Isothermfläche Null homogen

Digitized by Google

bedeckt, in einen Punkt concentrirt und dann gesenkt denken, so wäre $e = \frac{E}{100 \text{ Millionen}}$. Aber hier ist es bereits zweifelhaft, ob von der durch solche Concentrirung allein schon bewirkten Aenderung der Flächendichtigkeit η_1 abgesehen werden kann.

Beträgt die Höhe h des gesenkten Punkts 2000 m, so liefert Gleichung 1) für die Werthe

$$\frac{e}{E} = \frac{1}{1000 \text{ Million.}} \text{ resp.} = \frac{1}{100 \text{ Million.}}$$

$$\frac{d\bar{V}}{dx} = \frac{E}{R^2}(1 + 0{,}015) \text{ resp.} = \frac{E}{R^2}(1 + 0{,}15)$$

Das Potentialgefälle am Boden hat also bei der ersten Voraussetzung um 1,5 Hundertel, bei der zweiten um 1,5 Zehntel seines anfänglichen Werthes zugenommen.

Denkt man den Punkt e dagegen aus 4000 m bis zu 400 m Höhe über dem Boden herabgesenkt, so findet man in gleicher Weise eine Zunahme des Potentialgefälles um die Hälfte, resp. um das Fünffache seines Anfangswerths. Man erkennt also, dass die Senkung einzelner Theile der Isothermfläche Null eine erhebliche Steigerung des Potentialgefälles bewirkt.

17. Statt wie bisher den Einfluss der Senkung eines elektrischen Punkts zu betrachten, will ich jetzt untersuchen, wie sich das Potentialgefälle am Boden ändert, wenn ein grösseres Stück der gleichförmig (+) elektrisirten Isothermfläche Null sich aus der Höhe H in die Höhe h herabsenkt. Das Stück sei kreisförmig begrenzt; es sei also eine Kugelkappe. Der beeinflusste Punkt liege vertikal unter dem Scheitel derselben an der Erdoberfläche.

Digitized by Google

Lediglich zur Vereinfachung der Rechnung soll die Aufgabe ein weniges modificirt werden. Die Geraden, die vom Erdcentrum nach dem Rande der Kugelkappe gehen, bestimmen einen Kreiskegel. Beschreibt man nun um das Erdcentrum eine Kugel mit dem Radius $R+h$, so soll dasjenige Stück derselben, welches in den Kreiskegel hineinfällt, als die Gestalt der Kugelkappe nach dem Herabsenken angenommen werden. Die dem Flächenstück hierdurch ertheilte Gestaltänderung ist äusserst geringfügig (wegen Kleinheit von H und h gegen R). Die auf der Kugelkappe befindliche Elektricitätsmenge $\mathfrak{E}$ soll aber in beiden Lagen dieselbe sein. Nennt man also $d\Omega$, resp. $d\omega$ ein Flächenelement der Kugelkappe in der ersten, resp. zweiten Lage, und bezeichnet die elektrischen Flächendichtigkeiten in beiden Lagen bezüglich mit e, resp. e^1, so soll sein:

$$\Sigma e \cdot d\Omega = \Sigma e^1 \cdot d\omega = \mathfrak{E}, \quad \text{folglich:}$$

$$4) \qquad \frac{e^1}{e} = \frac{\Sigma d\Omega}{\Sigma d\omega} = \frac{(R+H)^2}{(R+h)^2}$$

Die Verlegung der (+) Elektricitätsmenge $\mathfrak{E}$ aus der Höhe H in die Höhe h ist wieder folgendermassen in Rechnung zu bringen. Man belegt zunächst die ursprüngliche Kugelkappe gleichförmig mit der Menge $-\mathfrak{E}$, so ist dadurch die gesammte Elektricität der Kugelkappe beseitigt. Darauf bringt man $+\mathfrak{E}$ auf die tiefer liegende Kugelkappe. Durch jeden dieser beiden Processe wird im Punkt P der Erdoberfläche Elektricität influenzirt. Die beiden dadurch erzeugten Flächendichtigkeiten η_2 und η_3 addiren sich zu der ursprünglichen homogenen η_1; folglich kennt man $\frac{dV}{dx}$ nach Gleichung 2). Um η_2 zu finden, ermittelt man erst denjenigen Antheil $d\eta_2$, welcher in P durch Influenz der auf das Flächenelement $d\Omega$ gebrachten Menge $-e\,d\Omega$ entsteht.

Digitized by Google

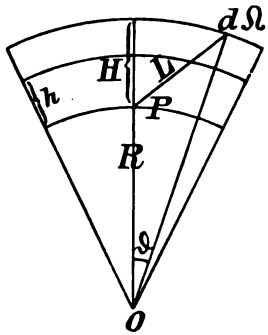
Er ist nach Gleichung 1):

$$d\eta_2 = \frac{1}{4\pi R}\left\{-\frac{e \cdot d\Omega}{R+H} + \frac{e \cdot d\Omega\,[(R+H)^2 - R^2]}{L^3}\right\}$$

Hier ist:

5) $\quad L^2 = (R+H)^2 + R^2 - 2(R+H)\,R \cdot \cos\vartheta,$

wenn ϑ den Winkel zwischen den nach P und nach $d\Omega$ gezogenen Erdradien bezeichnet. (Figur 1)



Durch Integration über die ganze Kugelkappe erhält man:

$$\eta_2 = \frac{1}{4\pi R} \cdot \left\{\frac{-\mathfrak{E}}{R+H} + e\,[(R+H)^2 - R^2] \cdot \int \frac{d\Omega}{L^3}\right\}$$

Bedeutet nun φ den Winkel einer Ebene, welche durch den nach P laufenden Radius und $d\Omega$ gelegt ist, gegen eine feste andere, durch denselben Radius gelegte Ebene, so ist:

$$d\Omega = (R+H)^2 \sin\vartheta\, d\vartheta \cdot d\varphi,$$

und man hat nach ϑ von o bis ϑ_1, nach φ von o bis 2π zu integriren. ϑ_1 bedeutet dabei den $\sphericalangle$ des nach P laufenden Erdradius gegen einen nach dem Rande der Kugelkappe laufenden. Nach 5) ist aber:

$$L \cdot dL = (R+H)\; R \sin\vartheta \cdot d\vartheta$$

Digitized by Google

Folglich wird:

$$\eta_2 = -\frac{\mathfrak{E}}{4\pi R(R+H)} + \frac{eH\,.\,(2R+H)(R+H)}{2R^2}\int_H^{L_1}\frac{dL}{L^3}.$$

Hier ist L_1 der Abstand eines Randpunkts der Kugelkappe von P.

Endlich

$$\eta_2 = -\frac{\mathfrak{E}}{4\pi R(R+H)} + \frac{e}{2}\left(2+\frac{H}{R}\right)\cdot\left(1+\frac{H}{R}\right)\cdot\left(1-\frac{H}{L_1}\right)$$

Analog findet man die Flächendichtigkeit η_3, die in P durch Influenz der gesenkten (+) Kugelkappe erzeugt wird:

$$\eta_3 = +\frac{\mathfrak{E}}{4\pi R(R+h)} - \frac{e^1}{2}\left(2+\frac{h}{R}\right)\cdot\left(1+\frac{h}{R}\right)\cdot\left(1-\frac{h}{l_1}\right)$$

Hier ist l_1 der Abstand eines Randpunktes der tieferen Kugelkappe von P. Und für e^1 ist der aus Gleichung 4) folgende Werth einzusetzen. Folglich ist nach Gleichung 2):

$$\frac{dV}{dx} = \frac{E}{R^2}\cdot\left\{1-\frac{\mathfrak{E}}{E}\frac{(H-h)}{R}\cdot\frac{1}{\left(1+\frac{H}{R}\right)\left(1+\frac{h}{R}\right)}+\right.$$

$$+\frac{2\pi e R^2}{E}\cdot\left(1+\frac{H}{R}\right)\cdot\left[\frac{\left(1+\frac{H}{R}\right)\left(2+\frac{h}{R}\right)\left(1-\frac{h}{l_1}\right)}{1+\frac{h}{R}}\right.$$

$$\left.\left.-\left(2+\frac{H}{R}\right)\left(1-\frac{H}{L_1}\right)\right]\right\}.$$

Nun ist $\frac{\mathfrak{E}}{E}$ nothwendig stets $< \frac{1}{2}$ und $\frac{H-h}{R}$ bleibt sicher unter $\frac{1}{1000}$. Weil somit das zweite Glied in der

Digitized by Google

Parenthese sicher $< \frac{1}{2000}$ ist, kann es als unerheblich gegen 1 fortgelassen werden.

Ferner ist

$$E = 4(R+H)^2 . \pi e, \text{ also } \frac{2\pi e R^2}{E}\left(1+\frac{H}{R}\right) = \frac{1}{2}\cdot\frac{1}{1+\frac{H}{R}}$$

Daher wird:

$$\frac{d\bar{V}}{dx} = \frac{E}{R^2}\left\{1+\frac{1}{2}\left[\frac{2+\frac{h}{R}}{1+\frac{h}{R}}\cdot\left(1-\frac{h}{l_1}\right) - \frac{2+\frac{H}{R}}{1+\frac{H}{R}}\left(1-\frac{H}{L_1}\right)\right]\right\}.$$

Vernachlässigt man hier die zweiten und höheren Potenzen der kleinen Grössen $\frac{H}{R}$ und $\frac{h}{R}$ gegen 1, so wird:

$$\frac{d\bar{V}}{dx} = \frac{E}{R^2}\cdot\left\{1+\frac{H}{L_1}-\frac{h}{l_1}+\frac{1}{2R}\left(H-h-\frac{H^2}{L_1}+\frac{h^2}{l_1}\right)\right\}$$

Durch Addition und Subtraktion von $\frac{Hh}{2Rl_1}$ innerhalb der Parenthese entsteht:

$$\frac{d\bar{V}}{dx} = \frac{E}{R^2}\cdot\left\{1+\left(\frac{H}{L_1}-\frac{h}{l_1}\right)\left(1-\frac{H}{2R}\right)+\frac{H-h}{2R}\left(1-\frac{h}{l_1}\right)\right\}$$

Das letzte übrigens stets positive Glied ist wieder unter allen Umständen $< \frac{1}{2000}$, also gegen 1 zu vernachlässigen so dass man hat:

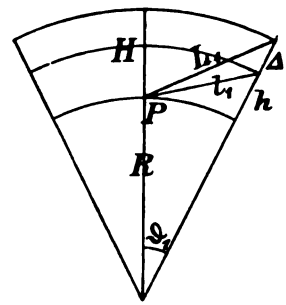
$$6) \qquad \frac{d\bar{V}}{dx} = \frac{E}{R^2}\left\{1+\left(\frac{H}{L_1}-\frac{h}{l_1}\right)\left(1+\frac{H}{2R}\right)\right\}$$

Digitized by Google

Es lässt sich nun leicht zeigen, dass das zu 1 addirte Glied in der Parenthese stets positiv sein muss. Nennt man nämlich die Senkung $H - h = \Delta$, und $L_1 - l_1 = \lambda$, so ist

$$\frac{H}{L_1} - \frac{h}{l_1} = \frac{\Delta}{L_1}\left(1 - \frac{h}{l_1}\frac{\lambda}{\Delta}\right)$$

Hier ist nun h stets $< l_1$, und $\lambda < \Delta$, weil $L_1 l_1 \Delta$ die Seiten eines Dreiecks sind. (Figur 2.)



Also lehrt Gleichung 6), dass durch die Senkung des betrachteten Stücks der Isothermfläche Null das Potentialgefälle am Boden zugenommen hat.

Um den Betrag dieser Zunahme bei bestimmten Annahmen leicht numerisch ermitteln zu können, will ich noch eine Umformung vornehmen. Wendet man Gleichung 5) auf L_1 an, so wird:

$$L_1^2 = \left(2R\sin\frac{\vartheta_1}{2}\right)^2 \cdot \left(1 + \frac{H}{R}\right) + H^2 = \left(2R\sin\frac{\vartheta_1}{2}\right)^2 \cdot \left\{1 + \xi\right\}.$$

Die Grösse

$$\frac{H}{R} + \left(\frac{H}{2R\sin\frac{\vartheta_1}{2}}\right)^2,$$

welche hier zur Abkürzung mit ξ bezeichnet ist, ist ein kleiner Bruch, solange ϑ_1 nicht sehr klein ist. Schon für $\vartheta_1 = 1^0$ ist $\xi < 0{,}002$. Unter dieser Voraussetzung darf also ξ^2 gegen 1 bereits vernachlässigt werden, und man erhält:

$$\frac{H}{L_1} = \frac{H}{2R\sin\frac{\vartheta_1}{2}} \cdot \left(1 - \frac{\xi}{2}\right).$$

Digitized by Google

Analog wird

$$\frac{h}{l_1} = \frac{h}{2R\sin\frac{\vartheta_1}{2}}\left(1 - \frac{\xi^1}{2}\right),$$

wo sich ξ^1 nur dadurch von ξ unterscheidet, dass h für H eingetreten ist.

Also ist:

$$\left(\frac{H}{L_1} - \frac{h}{l_1}\right)\cdot\left(1 - \frac{H}{2R}\right) = \frac{H-h}{2R\sin\frac{\vartheta_1}{2}}$$

$$\cdot\left\{1 - \frac{H+h}{2R} - \frac{H^2+Hh+h^2}{2\left(2R\sin\frac{\vartheta_1}{2}\right)^2}\right\}\left\{1 - \frac{H}{2R}\right\}$$

$$= \frac{H-h}{2R\sin\frac{\vartheta_1}{2}}\cdot\{1-\zeta\}$$

Hier beträgt ζ höchstens wenige Tausendtel, so dass es vernachlässiget werden kann. Also wird mit sehr grosser Annäherung:

7) $$\frac{d\overline{V}}{dx} = \frac{E}{R^2}\cdot\left\{1 + \frac{H-h}{2R\sin\frac{\vartheta_1}{2}}\right\},$$

giltig für jeden Werth von ϑ_1, der nicht wesentlich $< 1^0$ ist. Unter dieser Voraussetzung ist also gefunden: Bei Senkung eines (nicht gar zu kleinen) kugelkappenförmigen Stückes der gleichförmig + elektrisirten Isothermfläche Null ist die Zunahme des Potentialgefälles am Boden proportional dem Betrage dieser Senkung $H - h$.

Wenn sich nur ein sehr kleines Stück der Isothermfläche Null senkt, (z. B. eine Fläche von 1 Quadratmeile, entsprechend etwa $\vartheta_1 = 2{,}256$ Bogenminuten), findet diese Proportionalität

Digitized by Google

nicht mehr statt, sondern das Potentialgefälle am Boden nimmt jetzt stärker zu. In diesem Falle ist die Näherungsformel 7) nicht mehr verwendbar, sondern muss die Zunahme nach der vollständigen Gleichung 6) berechnet werden.

In folgender Tabelle finden sich die Werthe des in der Parenthese der Gleichung 6) oder 7) zu 1 hinzutretenden Gliedes für 5 verschiedene Werthe von ϑ_1 und für 2 verschiedene Senkungen, nämlich aus 4000 bis 2000 m Höhe (I), und aus 4000 bis 400 m Höhe (II) zusammengestellt. Diese Werthe stellen die dabei stattfindende Zunahme des Potentialgefälles am Boden dar, wenn der Werth desselben vor der Senkung = 1 gesetzt war.

ϑ_1	I	II
2′,256	0,2598	0,5962
1°	0,0180	0,0324
5°	0,0036	0,0065
10°	0,0018	0,0032
20°	0,0009	0,0016

18. Senkung homogener Schichten. Auf Grund einer Untersuchung von Herrn Linss [1]) lässt sich die Zunahme des Potentialgefälles am Boden bei Herabsinken einer homogenen Schicht, — statt wie bisher einer Fläche — unter vereinfachenden Annahmen leicht ermitteln. Herr Linss berechnet unter Anderm das Potentialgefälle in einem Punkt der als eben vorausgesetzten Erdoberfläche unter der Voraussetzung, dass letztere ohne eigene Ladung, jedoch der Influenz einer rechtwinklig parallelepipedischen, in ihrer ganzen Masse homogen elektrisirten, oberhalb des Erdbodens

1) Ueber einige die Wolken- und Luftelektricität betreffende Probleme. In der Meteorolog. Zeitschr. Oktober 1887. S. 345—362.

Digitized by Google

befindlichen Schicht ausgesetzt sei, von welcher die Kanten a und b parallel zur Erdoberfläche liegen, und von welcher die vertikale Kante $h_2 - h_1 = d$ (Schichtendicke) sehr klein gegen a und b ist. Nennt man $\sqrt{a^2 + b^2} = c$, so findet Herr Linss für das Potentialgefälle in einem solchen Punkt der Erdoberfläche, der in der Verlängerung einer vertikalen Kante jenes Parallelepipeds liegt, den Werth

$$8) \quad \frac{dV}{dx} = -4\pi\eta = \varrho \cdot d \cdot \left(\pi - \frac{h_1 + h_2}{ab} c\right),$$

von dessen Richtigkeit ich mich überzeugt habe. Hier ist ϱ die räumliche elektrische Dichte obiger Schicht; η die Flächendichtigkeit des Erdbodens am Beobachtungsort. Vermittelst dieser Formel kann man nun durch geeignete Addition entsprechender Glieder das Potentialgefälle auch in anderen Punkten der Erdoberfläche unterhalb einer solchen Schicht finden. Für den unter der Mitte einer Schicht von quadratischer Basis liegenden Punkt findet man es z. B., wenn man die Oberflächendichtigkeit η der vorigen Gleichung vervierfacht und zugleich $a = b = \frac{l}{2}$ setzt, (unter l die Quadratseite verstanden). Jetzt wird:

$$\frac{dV}{dx} = 4\varrho \cdot d \cdot \left(\pi - \frac{(h_1 + h_2) 2\sqrt{2}}{l}\right)$$

Senkt sich nun die Schicht parallel mit sich um die Strecke s herab, so treten $h_1 - s$ und $h_2 - s$ für h_1 und h_2 ein, und der Ueberschuss des jetzigen Werthes von $\frac{dV}{dx}$ über den vorigen stellt die durch jene Senkung herbeigeführte Zunahme des Potentialgefälles vor; sie beträgt

$$\frac{16\sqrt{2}\varrho \cdot d}{l} \cdot s,$$

Digitized by Google

sie ist also positiv und proportional mit der Senkung der influenzirenden Schicht; ein Ergebniss, welches mit dem vorher, in 17 von mir abgeleiteten überstimmt.

Herr Linss hat für den speciellen Fall $d = \frac{1}{2}$ km, $l = 100$ km und für vier verschiedene Höhenlagen der Schicht das Potentialgefälle in vielen Punkten der Erdoberfläche ausgerechnet (a. a. O. Seite 348). Beim Abstande h_1 der unteren Schichtfläche vom Erdboden findet er folgende (auf eine willkürliche Einheit bezogenen) Werthe des Potentialgefälles in dem unter der Mitte jener + elektrischen Schicht gelegenen Erdoberflächenpunkt.

h_1	1500 m	1000 m	500 m	0 m
$\frac{dV}{dx}$	15213	15353	15495	15636

Bildet man die Differenz der ersten Zahl gegen die zweite, dritte vierte, so erhält man die Zunahme des Potentialgefälles beim Herabsinken jener Schicht aus der Anfangshöhe 1500 m in die Höhe 1000 m, 500 m, 0 m. Diese Zunahmen sind +. Division derselben durch den Anfangswerth 15213 giebt die Zunahme bezogen auf den vor der Senkung vorhandenen Werth des Potentialgefälles als Einheit. Diese Zunahmen betragen:

$$+ 0{,}009 \qquad + 0{,}019 \qquad + 0{,}028$$

In gleicher Weise folgen aus der Linss'schen Tabelle die Zunahmen in anderen Punkten der Erdoberfläche. Am stärksten ergeben sie sich für einen Punkt, der innerhalb der auf den Erdboden projicirten quadratischen Schichtbasis auf der Mittellinie etwa 1 km vom Rande entfernt liegt. Für diesen Punkt liefert nämlich die Tabelle die Werthe:

Digitized by Google

h_1	1500 m	1000 m	500 m	0 m
$\frac{dV}{dx}$	10262	11106	12442	14470

Also betragen die Zunahmen, bezogen auf das Anfangspotentialgefälle 10262 als Einheit:

$$+ 0{,}082 \qquad + 0{,}212 \qquad + 0{,}410.$$

Dass sich für einen Ort von solcher Lage, nahe unter dem Rand der elektrischen Schicht, wesentlich stärkere Zunahmen ergeben, kann nicht überraschen, nachdem sich in 16. gezeigt hat, wie stark die Zunahme beim Herabsinken eines einzelnen elektrischen Punkts ist.

Beiläufig sei bemerkt, dass Herr Linss solche Differenzen zwar auch bildet, sie jedoch als Werthe desjenigen Potentialgefälles auffasst, welches stattfindet, wenn eine obere negative und eine untere, gleich stark positive, der oberen kongruente Schicht gleichzeitig influiren. Diese Auffassung ist selbstverständlich mathematisch ebenso berechtigt wie die oben von mir angewandte.

Von Wichtigkeit ist noch folgendes Ergebniss des Herrn Linss (a. a. O. S. 349). Setzt man voraus, dass zwei kongruente, entgegengesetzt elektrische Schichten von obiger Gestalt, durch einen beliebigen Zwischenraum getrennt, parallel über einander liegen, dass aber die Stärke ihrer Elektrisirung verschieden sei, so ergiebt die Rechnung, dass schon „bei nur geringem Ueberwiegen der Elektricität der oberen Schicht das Vorzeichen der (am Boden beobachteten) Luftelektricität von der oberen (entfernteren), nicht von der unteren Schicht bestimmt wird.“ Hier ist also gerade das bewiesen, was ich in meiner Theorie als evident angenommen habe, nämlich dass, wegen des durchschnittlich früheren Herabsinkens der — elektrischen Wassertheilchen zur Erde,

Digitized by Google

die + Elektricität der in der Höhe befindlichen geriebenen Eistheilchen überwiegen müsse, und dass man „mit Rücksicht hierauf berechtigt sei, die Isothermfläche Null, obgleich an ihr beide Arten von Elektricität entstehen, doch als überwiegend positiv elektrisch anzusehen."

19. Ergebnisse. Die Rechnungen in 16. und 17. beruhen einestheils auf der schematisch vereinfachten Betrachtung, dass die Isothermfläche Null die Rolle eines positiv geladenen Leiters spielt, anderntheils auf der Thatsache, dass diese Fläche partielle Senkungen und Hebungen erleidet, deren Betrag schon binnen 24 Stunden von derselben Grössenordnung ist, wie die Höhe der Fläche über dem Boden selbst. Das Ergebniss ist, dass durch Senkung, resp. Hebung eines Stücks jener Fläche eine Zu- resp. Abnahme des unter ihr am Boden beobachtbaren Potentialgefälles eintritt. Dies Ergebniss bleibt, wie sich in 18. zeigt, stehen, wenn statt der elektrischen Fläche eine elektrische Schicht analoge Lagenänderungen erfährt. Die Hebung der Fläche im Laufe des Tages, ihr Sinken bei Nacht, welche naturgemäss immer nur einzelne Theile der Fläche, nie die ganze Fläche betreffen, erscheinen also geeignet, das Eintreten des Hauptminimums der Luftelektricität im Laufe des Nachmittags, das des Hauptmaximums am Morgen, zunächst qualitativ, verständlich zu machen. Da nun enorme Ungleichmässigkeit der Elektrisirung, und ebensolche Unregelmässigkeit der Gestalt und der Lagenänderungen jener Fläche nothwendiger Weise vorausgesetzt werden müssen, so sind die kolossalen Unterschiede des Potentialgefälles selber, sowie der Tagesperiode desselben, auch zu naheliegenden Zeiten, vollkommen begreiflich.

Die Gleichungen 6) und 7) nebst der danach berechneten Tabelle lassen erkennen, dass die durch Sinken der Isothermfläche Null herbeigeführte Zunahme des Potentialgefälles um so geringer ist, je grösser man das sinkende

Digitized by Google

Stück annimmt. Daraus folgt, dass die zu diesen Gleichungen führende schematische Annahme, als sei die Erdoberfläche einerseits, die Isothermfläche Null andererseits, der wahre Sitz der ganzen negativen, resp. positiven Luftelektricität, nicht ausreicht, um die Jahresperiode zu erklären. Jene Annahme ist aber auch nur zur Ermöglichung einfacherer Rechnungen gemacht, während die Grundhypothese wesentlich anderes fordert Die durch Reibung negativ gewordenen Wassertheilchen sind, solange die Isothermfläche Null hoch liegt, zum grossen Theil noch in der Luft, nur dass von ihnen ein grösserer Antheil als von den positiven Eiskrystallen zur Erde herabgesunken ist. In Wahrheit wirken also aus der Höhe zwei Antheile: in grösserer Höhe eine grössere Menge + E; in geringerer Höhe eine geringere Menge — E. Der Erfolg ist derselbe, als sei nur + E, aber in viel geringerer Menge, in der Höhe vorhanden. (Vergl. den Schluss von 18.) In dem Maasse nun, als mit herannahendem Winter die Isothermfläche Null sich senkt, muss die Menge der negativ elektrischen Wassertheilchen in der Luft abnehmen, indem immer mehr derselben zur Erde gelangen. Wenn schliesslich die Fläche ganz zur Erde gesunken ist, sind alle negativen Wassertheilchen aus der Luft verschwunden, so dass ihre Influenzwirkung auf die Erde nunmehr fehlt.

Wollte man den Vorgang mathematisch verfolgen, so müsste man, um die Wirkung der bisher vorhanden gewesenen negativen Mengen zu beseitigen, gleich grosse Mengen + E an ihre Stelle bringen, wodurch sie eben neutralisirt werden; ganz analog wie oben in 16. und 17. verfahren wurde. Das Verschwinden dieser grossen Mengen von — E wirkt also genau so wie das neue Auftreten grosser Mengen von + E in der Luft. Dadurch wird die ungemein starke Zunahme des positiven Potentialgefälles beim Uebergang zum Winter, und somit die Jahresperiode der Luftelektricität im Allgemeinen, begreiflich.

Digitized by Google

Hiermit habe ich gezeigt, dass meine Hypothese durchaus geeignet ist, auch von den periodischen Aenderungen der Luftelektricität Rechenschaft zu geben, und dass Herr Exner folglich Unrecht hat, wenn er noch in seiner neuesten Abhandlung „über die Abhängigkeit der atmosphärischen Elektricität vom Wassergehalt der Luft" im Eingange behauptet, dass die bisherigen Theorien der Luftelektricität mit der Erfahrung nicht in Einklang zu bringen seien.

Digitized by Google

Ueber die Entwicklung von Petromyzon Planeri.

Von C. Kupffer.

(Eingelaufen 17. Februar.)

Es lag den Untersuchungen ein künstlich befruchtetes Material zu Grunde, das zum Teil in Königsberg gewonnen war, zum Teil der zoologischen Station in Neapel verdankt wurde. In Königsberg schlüpften bei einer Lufttemperatur von 8—10° C. die Larven am 16—17. Tage aus, in Neapel bereits am Ende des 8. Tages. In beiden Fällen hatten die Larven beim Ausschlüpfen genau denselben Entwicklungsgrad erreicht und massen 3 mm in der Länge.

Bei der Bildung des Blastoderms findet nicht ein „Ueberwachsen" der einen Eihälfte durch die Elemente der andern statt, wie Max Schultze und Calberla angaben und wie auch Scott noch anzunehmen scheint. Das Blastoderm entsteht in der Weise, dass die äusserste Lage der Morulazellen epithelialen Character annimmt, was ich[1]) bereits früher ausgesprochen habe und Shipley[2]) neuerdings gleichfalls beobachtet hat. Dieser Process der Bildung eines epithelialen Blastoderms, dieser Uebergang aus dem Morulastadium in das der Blastula beginnt nicht am Keimpol (animaler, aktiver Pol), sondern in der Region, die, wie sich nachträglich herausstellt, zur dorsalen wird. Diese Region erscheint dann und während der Bildung des noch zu erwähnenden

1) Arch. f. Anatom. u. Entwicklungsgesch. 1884. S. 10.
2) Journ. of microsc. Science. Vol. XXVII. 1887. S. 329.

Digitized by Google

Kiels ausgezeichnet durch die Länge ihrer cylindrischen Epithelzellen und kann als Embryonalschild bezeichnet werden.

Ehe die Bildung des epithelialen Blastoderms das ganze Ei umfasst hat, also während am Gegenpol (passiver, vegetativer Pol) dieser Process noch aussteht, beginnt die Gastrulation. Der Blastoporus erscheint an der hintern Grenze des Embryonalschildes zwischen Aequator und Gegenpol.

Der Urdarm dringt als geschlossener epithelialer Schlauch derart vor, dass seine dorsale Wand sich unmittelbar an das Exoderm anlagert. Erst nachträglich tritt eine Gruppe kleinerer Zellen in beschränkter Ausdehnung innerhalb der dorsalen Lippe des Blastoporus zwischen Exoderm und Endoderm auf. Dieselben stammen aus den Zellen des Umschlagrandes, wie zahlreiche Mitosen an diesen Zellen darthun. Diese intermediäre Zellengruppe lässt sich nicht als Mesoderm auffassen. Sie dient später dem Wachsthum der Axenorgane in caudaler Richtung. Centralnervensystem, Chorda und Urwirbelplatten gehen ohne Abgrenzung in diese Gruppe über und wachsen auf Kosten derselben, indem die Elemente der Gruppe sich den genannten Organen angliedern. Diese Anlage entspricht der Endknospe bei Knochenfischen (Schwanzknospe Oellacher, Randknospe His), der Sichel, dem Endwulst bei Amnioten. Ich möchte dafür den allgemein anwendbaren Namen Teloblast[1]) vorschlagen.

Bei den Neunaugen wird der Blastoporus oder Gastrulamund nicht von der Anlage des Centralnervensystems umgriffen, ein Canalis neurentericus entsteht nicht, die Oeffnung schliesst sich nicht, sondern erhält sich als After. Das Wachsthum der Axenorgane geht dem entsprechend vom dorsalen Rande des Blastoporus aus und damit steht es in Uebereinstimmung, dass der Teloblast sich vor dem Blastoporus, d. h. am dorsalen Rande der Oeffnung befindet.

1) *το τέλος*, das Ende, Aeusserste eines Dinges.

Digitized by Google

Wo aber der Blastoporus von der Anlage des Centralnervensystems umgriffen wird, sich äusserlich schliesst, wo also ein Canalis neurentericus oder ein demselben entsprechender Epithelstrang zwischen Neuralkanal und Darm sich bildet, schliesst das Längenwachsthum der Axenorgane an den hintern, ventralen Rand des Blastoporus an. In diesen Fällen liegt der Teloblast in der Hauptsache hinter dem Blastoporus, wie die Sichel bei Vögeln und Reptilien, die Schwanzknospe bei Knochenfischen.

Shipley ist in einem spätern Entwicklungsstadium auf den Teloblast aufmerksam geworden und bezeichnet denselben als Primitivstreifen. Das erscheint mir nicht gerechtfertigt, denn der Primitivstreif im ursprünglichen Sinne dieser Bezeichnung umfasst den gesammten Rand des Blastoporus, während die „Schwanz- oder Endknospe", die „Sichel", der „Endwulst" doch nur dem hintern Ende des Primitivstreifs correspondiren. — Es erscheint mir sehr wahrscheinlich, dass die von Hatschek als „Polzellen des Mesoderms" beschriebenen beiden grossen Zellen am hintern Rande des Gastrulamundes bei Amphioxus, die im weitern Verlauf der Entwicklung stets den hintern Körperpol bezeichnen, dem Teloblast der Vertebraten homodynam sind, d. h. proliferirend das Material zum Längenwachsthum nicht allein des Mesoderms, sondern auch des Neuralrohrs und der Chorda liefern.

Gleichzeitig mit dem Auftreten des Teloblast erscheint in der dorsalen Mittellinie eine schmale Rinne, die nicht vom Blastoporus ausgeht, die Oeffnung auch niemals erreicht. Sie erstreckt sich bald über einen Halbkreis und ist durch eine Einfaltung des Exoderms bedingt, die die Bildung des Centralnervensystems einleitet. Diese Falte ist solide, ihre beiden Blätter liegen in der Medianebene enge aneinander. Wie das Exoderm einschichtig ist, so besteht auch jedes Blatt der Falte aus einer einfachen Lage langer Cylinderzellen, die senkrecht zur Medianebene stehen. Der Exoderm-

Digitized by Google

falte entgegen gerichtet entsteht eine ebenfalls solide Falte des Endoderms, der dorsalen Wand des Urdarms. Die Zellen der einen wie der andern Falte sehen sich durchaus gleich, schliessen enge an einander, man kann die Anlagen des Centralnervensystems und der Chorda eine Zeit lang am Querschnitt nicht gesondert sehen und so ist wohl ein Ausdruck gestattet, den ich für das Ei der Knochenfische gebraucht habe: es entsteht ein massiver Kiel durch gleichartige aber entgegengesetzt gerichtete Thätigkeit beider Keimblätter, eine Doppelanlage, die sich erst später deutlich sondert. Die Sonderung beginnt etwa in der Mitte der Länge des Kiels, aus dem ventralen Teile des Kiels wird die Chorda, aus dem dorsalen das Centralnervensystem.

Die Chorda besteht also zunächst aus einer symmetrischen Doppellage cylindrischer, senkrecht zur Medianebene gestellter Zellen und erfährt dann dieselben Verschiebungen der Zellen, wie es bei Amphioxus bekanntermassen der Fall ist. Das Resultat ist die Bildung einer einfachen Säule aus scheibenförmigen Zellen. Wenn in diesen Zellen die hyaline Substanz auftritt, werden sie mehrkernig.

Die Anlage des Centralnervensystems zeigt in ihrer weitern Ausbildung einen Unterschied zwischen Kopf- und Rumpfregion, ehe noch die Trennung des Kiels vom Exoderm erfolgt ist. In der Kopfregion verbreitert sich der dorsale, hart unter dem Exoderm liegende Abschnitt des Kiels beträchtlich durch bedeutende Verlängerung seiner biserial gelagerten Zellen. Dann rücken diese verlängerten Zellen jederseits lateralwärts vor und es gliedert sich somit der Kiel hier in drei neben einander gelagerte Portionen, die mittlere unpaare Portion ist die Anlage des Hirns, die beiden seitlichen sind Anlagen von Hirnganglien. Dieser Process bleibt auf die Kopfregion beschränkt und zwar, wie die Folge lehrt, auf den praebranchialen Teil des Kopfes, den Vorderkopf, oder, genauer gesagt, auf den vordern Teil der

Digitized by Google

Trigeminusregion. Die übrigen Kopfganglien und die Spinalganglien entstehen viel später und in anderer Weise. Diese zuerst erscheinende paarige Ganglienanlage ist zunächst relativ stark, bleibt weiterhin aber im Wachsthum zurück.

Auch die Bildung des Mesoderms erfolgt in Kopf und Rumpf auf verschiedene Weise. Im Kopfteil, die Kiemenregion einbegriffen, stimmt dieser Vorgang genau mit dem bei Amphioxus beschriebenen überein. Der Urdarm bildet paarige Mesodermfalten oder Coelomdivertikel, die sich abschnüren und segmental gliedern. Diese Mesodermfalten entsprechen den gesammten Mesodermplatten, also Urwirbel und Seitenplatte, und wachsen ventralwärts vor. Ganz anders verläuft es in der Rumpfregion. Hier ist der Urdarm auf einen engen Spalt reducirt, der seitlich und ventral von den sogenannten Dotterzellen umlagert ist und an dessen ventraler Wand die epitheliale Ordnung der Zellen allmälig undeutlich wird. Die diese Lichtung zunächst umgebenden Zellen haben gar keinen Anteil an der Mesodermbildung. Dazu werden die beiden äusseren Lagen der als Reserve dienenden Dotterzellen verwendet, die ziemlich regelmässig concentrisch geschichtet sich zeigen. Zuerst entstehen die Urwirbel, für sich abgeschlossen, später die Seitenplatten und hier wieder das Parietalblatt früher, als das Visceralblatt. Ein Coelomspalt erscheint synchron mit der Anlage der Vorniere und des Herzens. Der Vornierengang ist exodermaler Herkunft, die drei Vornierenkanäle entstehen successive als kegelförmige Erhebungen des Parietalblattes gegen das Exoderm und vereinen sich mit der hohl werdenden Anlage des Ganges.

Wenn der Kopfteil wie ein Helmkamm sich über das Ei erhoben und frei vorzuwachsen begonnen hat, was an den aus Neapel erlangten Eiern am 5. Tage der Fall ist, an den Eiern aus Königsberg etwa am Anfange des 11. Tages statt fand, liegen die Ganglienanlagen ganz isolirt

Digitized by Google

zu beiden Seiten des Hirns und bedingen äusserlich sichtbar werdende seitliche Auftreibungen des Kopfes.

Die Mesodermfalten beginnen um diese Zeit sich zu segmentiren und sich von dem Urdarm abzuschnüren. Am Vorderende des Darms schiebt sich eine enge Endodermtasche zwischen Epidermis und vorderem Chordaende dorsalwärts vor und lagert sich enge dem Hirn an, das um dieselbe Zeit eine schmale Lichtung erhält, indem die biserial geordneten langen Zellen desselben sich in der Mittellinie von einander lösen.

24 resp. 48 Stunden später zeigt sich zwischen dem Ganglion und der dorsalen Wand des Hirns eine Verbindung von Zellen, die Anlage dorsaler Nervenwurzeln. Bei der Kürze der Strecke ist es schwer, über die Richtung der Bildung dieser Verbindnng sichern Aufschluss zu erlangen. Das Wahrscheinliche ist, dass Zellen von beiden Ausgangspunkten einander entgegenrücken. Zu derselben Zeit erscheinen die Anlagen von Auge und Ohr und nun sieht man, dass das Ganglion zwischen beiden seine Lage hat. Ein Streifen von Zellen erstreckt sich jetzt auch vom vordern Ende des Ganglions distalwärts zur hervorwachsenden primären Augenblase; dieser Streifen ist die Anlage eines Nerven und zwar des N. ophthalmicus. Später, nachdem die Riechgrube sich zu bilden begonnen hat, erstreckt sich ein Zweig des N. ophthalmicus auch bis dahin.

Vor der Labyrinthgrube lehnt sich das hintere Ende des Ganglions, das wir nunmehr als Ganglion N. ophthalmici bezeichnen können, an die Epidermis an, die auf einer kurzen Strecke verdickt erscheint. Von dieser Stelle geht eine Reihe von Zellen proximalwärts zur Decke des Hirns, eine andere Reihe zieht ventralwärts, es ist die Anlage des Nervus mandibularis.

Sehr verwickelt liegen die Verhältnisse im Bereich der noch offenen Labyrinthgrube. Die Wand derselben hat zwei

Digitized by Google

Verbindungen mit dem Hirn, die eine findet sich zwischen der Decke des Hirns und der vordern Hälfte der Grube, die andere zwischen der hintern Hälfte und der Seitenwand des Hirns, hier liegen beide Teile hart an einander und man gewahrt, dass die Zellen des Hirns und der Grube sich zwischen einander schieben. An beiden Stellen ist die epitheliale Wand der Labyrinthgrube verdickt.

Von der vordern Verbindungsstelle erstreckt sich eine Reihe von Zellen entlang der vordern Wand der Labyrinthgrube ventralwärts. Die vordere Anlage entspricht dem Facialis, die hintere dem Acusticus. — Hinter der Labyrinthgrube verdickt sich abermals die Epidermis in Form einer longitudinal verlaufenden Leiste, die vorn in dem Horizont der Labyrinthgrube beginnt, nach hinten zu sich ein wenig ventralwärts senkt. In ihrer ganzen Länge steht diese Leiste dorsalwärts mit der Decke des Hirns durch an einander gereihte Zellen in Verbindung und sendet ventralwärts zwischen Mesodermplatten und Epidermis ebensolche Zellenreihen aus. Diese ganze Anlage ist eine kontinuirliche und entspricht der Vagusgruppe. — Im Rumpfgebiete finde ich zu derselben Zeit noch keine Spur von Spinalganglien oder dorsalen Nervenwurzeln, sondern erst kurz vor dem Zeitpunkte, wo die Bewegungen des Embryo beginnen, die bekanntlich in einem pendelartigen Schleudern des Kopfteils bestehen. Das trat an den Eiern, die ich in Königsberg beobachtete, gegen Ende des 14. Tages ein. Diesem Entwicklungsstadium entsprach der 7. Tag bei den aus Neapel erlangten Objecten. Man sieht dann aus Zellen und Fibrillen bestehende Anlagen von der dorsalen Region des Rückenmarkes ausgehen und zwischen Urwirbel und Rückenmark vorrücken. Die Zellen sind hier nicht zusammengedrängt, sondern liegen mehr zerstreut. Von einer Beteiligung der Epidermis an diesen Bildungen ist nichts wahrzunehmen. Gleichzeitig sind auch Fibrillen an den Hirnnerven erschienen

Digitized by Google

und wo diese Anlagen mit Epidermisverdickungen verbunden waren, gliedern sich an den Vereinigungsstellen die Ganglien der betreffenden Hirnnerven von der Epidermis ab; die Ganglien des Facialis und Acusticus aber entstehen aus der als Labyrinthgrube eingesenkten Partie der Epidermis.

Diese Wahrnehmungen bestätigen also die Beobachtungen früherer Forscher (Götte, van Wijhe, Froriep, Beard) über die Beteiligung der Epidermis an der Bildung der dorsalen Hirnnerven bei verschiedenen Gnathostomen und speciell die Beobachtungen von Beard über die Entstehungsweise der Ganglien dieser Nerven bei Elasmobranchiern.

Aber es geht aus dem Mitgeteilten hervor, dass bei Cyclostomen der Nerv des Vorderkopfes, der Ophthalmicus, von dieser Bildungsregel ausgeschlossen ist und eine besondere Stellung einnimmt. Sein Ganglion entsteht bedeutend früher als alle übrigen und entsteht nicht aus einem peripheren Bezirk der Epidermis, sondern aus dem medianen Kiel, d. h. aus der gemeinsamen Anlage für Hirn, Rückenmark und diesem Ganglienpaar. Das Ganglion liegt, nachdem es sich gleichzeitig mit dem Hirn von dem Exoderm gesondert hat, völlig isolirt zwischen Hirn und Epidermis und entwickelt erst später die Wurzel sowohl, wie den distal verlaufenden Teil des Nerven.

Der Entwicklung nach sind mithin die dorsalen Cerebrospinalnerven der Cyclostomen (exclusive Olfactorius und Opticus) in drei Gruppen zu sondern:

1. Der Nerv des Vorderkopfes, N. ophthalmicus.
2. Die Nerven der Branchialregion, NN. mandibularis, facialis, acusticus, vagus.
3. Die dorsalen Spinalnerven.

Ueber die Bildungsweise der Augenmuskelnerven und der ventralen Spinalnerven bin ich bisher nicht zu sichern Aufschlüssen gelangt.

Digitized by Google

Ich erwähnte vorher die vordere Endodermtasche, die sich zwischen Chorda und Epidermis dorsalwärts gegen das Hirn vorschiebt. Diese Tasche gliedert sich demnächst in eine enge mittlere Abteilung und zwei laterale Divertikel. Letztere liegen nicht in gleicher Höhe mit den vorderen Enden der Mesodermfalten, sondern dehnen sich derart aus, dass sie ventral unterhalb derselben zu liegen kommen. Darauf beginnen sie sich von der mittleren Abteilung abzuschnüren, welche dann jene bekannte Tasche darstellt, die zwischen Hypophysis und Chorda gelegen ist, während die lateralen Divertikel als paarige praeorale „Kopfhöhlen" nach dem Erscheinen der Mundbucht in den seitlichen Regionen der Oberlippe zu liegen kommen.

In Berücksichtigung dieser Bildung der praeoralen „Kopfhöhlen" kann ich dieselben nicht zum Mesoderm rechnen, sondern vergleiche sie mit den vorderen Endodermsäckchen bei Amphioxus,[1]) mit denen sie in der Entstehungsweise, wie in der Lagebeziehung zu den vordersten Mesodermsegmenten durchaus übereinstimmen.

1) Hatschek, Studien über Entwicklung des Amphioxus. S. 61.

Digitized by Google

Digitized by Google

Sitzung vom 3. März 1888.

1. Das correspondirende Mitglied Herr A. BRILL in Tübingen hat eine Abhandlung: „Ueber die Multiplicität der Schnittpunkte von zwei ebenen Curven“ eingeschickt.

2. Herr A. VOSS spricht: „über diejenigen Flächen, auf denen zwei Schaaren geodätischer Linien ein conjugirtes System bilden“.

3. Herr W. v. GÜMBEL demonstrirt „zwei neue Blätter seiner geognostischen Karte von Bayern“.

4. Herr G. BAUER überreicht eine Arbeit des Herrn Dr. Ludwig MAURER in Strassburg: „über allgemeinere Invarianten-Systeme“.

5. Herr M. v. PETTENKOFER legt eine Mittheilung des Herrn Professor Dr. K. B. LEHMANN in Würzburg: „über die Wirkung des Schwefelkohlenstoffs auf den thierischen Organismus“ vor.

Ueber die Multiplicität der Schnittpunkte von zwei ebenen Curven.

Von A. Brill in Tübingen.

(Eingelaufen 29. Februar.)

Die Frage, wie vielfach ein Schnittpunkt zweier Curven zu rechnen ist, in welchem dieselben sich mit Zweigen von beliebiger Beschaffenheit durchsetzen oder berühren, wird von Cayley, Halphen, H. J. S. Smith und in eingehender Weise von Herrn Stolz[1]) mit Hilfe von Reihen

1) Mathematische Annalen, Bd. 15.

Digitized by Google

beantwortet, nach welchen in jedem Punkt einer Curve die eine Coordinate in aufsteigenden Potenzen der anderen entwickelbar ist. Das Produkt der Differenzen dieser Entwicklungen, gebildet für die eine und die andere Curve, beginnt mit einer ganzen Potenz derjenigen Variabeln, nach welcher entwickelt wurde. Diese giebt die „Multiplicität" des Schnittpunktes an.

Man kann gegen dieses Verfahren den Einwand erheben, dass durch die irrationale Operation der Entwicklung ein Ueberfluss an Hilfsmitteln in Bewegung gesetzt wird, etwa vergleichbar dem, welchen die Bildung der Resultante von zwei Gleichungen mit sich brächte, wenn man dieselbe vermittelst des Produkts der Differenzen der Wurzeln wirklich darstellen wollte. Es muss auch in dem vorliegenden Falle einen Weg geben, auf welchem nur von rationalen Operationen Gebrauch gemacht wird.

Zwar hat man dieses Bedürfniss auch von anderer Seite schon anerkannt und rationale Processe angegeben, welche die Multiplicität eines Schnittpunktes definiren. Dass dieselben in theoretischen Erörterungen gute Dienste leisten, geht aus der erwähnten Abhandlung von Herrn Stolz hervor. Aber Niemand wird daran denken, die dort angegebenen algebraischen Umformungen zur wirklichen Bestimmung der Vielfachheit in einem vorliegenden Falle zu verwenden.

Es sei mir gestattet, im Nachfolgenden ein Verfahren vorzulegen, welches, wie ich glaube, das Gewünschte ohne Weitläufigkeit leistet.

1.

Der zu untersuchende Schnittpunkt der Curven φ und f befinde sich in dem Ursprung O eines Cartesischen Coordinatensystems, in Bezug auf welches die Gleichungen dieser Curven, nach aufsteigenden Potenzen von x und y geordnet, wie folgt lauten:

Digitized by Google

$$\varphi(xy) = 0 = \varphi_i + \varphi_{i+1} + \varphi_{i+2} + \ldots\ldots + \varphi_m$$
$$f(xy) = 0 = f_k + f_{k+1} + f_{k+2} + \ldots\ldots + f_n,$$

wo φ_i, φ_{i+1}, . . . f_k, f_{k+1}, . . . ganze homogene Functionen von x, y von bez. den Dimensionen i, i + 1, . . . k, k + 1, . . . sind. Wir machen die Voraussetzungen:

1. Dass die Functionen φ und f einen gemeinsamen Theiler nicht besitzen (unter „Theiler" wird hier wie im Folgenden eine ganze Function der Variabeln x, y verstanden).

2. Dass keiner der Linearfactoren von φ_i zugleich Factor von allen folgenden Gliedern φ_{i+1}, ... φ_m ist, und eine ähnliche Voraussetzung bezüglich f_k. — Dann ist wegen der ersten Annahme die Multiplicität des Schnittpunkts O von φ und f jedenfalls eine endliche Zahl.

Ich lege nun den folgenden Satz zu Grunde: Wenn in der angegebenen Darstellung der Curvengleichungen $\varphi = 0$, $f = 0$ die Resultante aus den binären Formen niedrigster Ordnung φ_i und f_k nicht verschwindet, so sind in dem Ursprung O des Coordinatensystems genau $i \cdot k$ Schnittpunkte von φ und f vereinigt (die „Multiplicität" von O ist gleich $i \cdot k$).

Den Beweis dieses Satzes übergehe ich, da derselbe in strenger Form bereits von anderer Seite geführt worden ist (Nöther, „Rationale Ausführung u. s. w." Math. Annalen Bd. 23, Seite 320; und Voss, „Ueber den Fundamentalsatz u. s. w." ibid. Bd. 28, S. 533).

Man kann nun auf diesen Fall auch denjenigen zurückführen, wo die Resultante aus φ_i und f_k verschwindet, wo also diese Functionen einen oder mehrere Linienfactoren gemeinsam haben. Eine der Functionen φ, f, etwa φ, lässt sich durch eine andere ersetzen, welche hinsichtlich ihres Verhaltens gegenüber f in dem Punkt O sich von φ nicht oder doch in angebbarer Weise unterscheidet. Durch Multiplication nämlich von φ und f mit passend gewählten Functionen λ und ϱ von x und y — was, wie man sehen wird,

Digitized by Google

noch verschiedene Möglichkeiten zulässt — bildet man einen Ausdruck:

$$\Phi = \lambda\varphi + \varrho f = \Phi_p + \Phi_{p+1} + \ldots, \quad \ldots\ldots (1)$$

für welchen das Glied niederster Dimension Φ_p mit f_k keine Linearfactoren gemeinsam hat, für welchen also bei Berechnung der Multiplicität der Schnittpunkte von f und Φ wieder der obige Satz zur Geltung gelangt. Bezeichnet man dann die Multiplicität von O für $f = o$ und $\varphi = o$ mit (φf) oder $(f\varphi)$; ebenso für die Curven $\lambda = o$ und $f = o$ mit (λf) oder $(f\lambda)$, u. s. w., so bestimmt sich (φf) mit Hilfe der Relation:

$$(\Phi f) = (\varphi f) + (\lambda f).$$

Die Resultante nämlich aus Φ und f, hinsichtlich x oder auch y gebildet, ist gleich derjenigen von $\lambda \cdot \varphi$ und f, und demnach auch die Anzahl der dem Punkt O zugehörigen Wurzeln für beide dieselbe. Da nun:

$$(\Phi f) = p \cdot k$$

ist, so handelt es sich, wenn man (φf) kennen will, nur noch um die Bestimmung von (λf).

Diese Zahl lässt sich zunächst immer dann leicht ermitteln, wenn λ eine homogene Function:

$$\lambda = \lambda_l$$

von x und y ist. Denn sei etwa λ_1 ein Linearfactor derselben, und verschwindet für den aus:

$$\lambda_1 = o$$

zu entnehmenden Wert von $\frac{y}{x}$ die Function f_k nicht, so ist die Anzahl der Schnittpunkte der Linie $\lambda_1 = o$ mit $f = o$, welche in O fallen:

$$(\lambda_1 f) = k.$$

Digitized by Google

Verschwindet aber für jenes $\frac{y}{x}$ f_k, und ausserdem etwa noch f_{k+1}, ... $f_{k+\mu-1}$, dagegen $f_{k+\mu}$ nicht — sämmtliche f können nach der Annahme 2. nicht verschwinden — so ist, weil die Resultante aus λ_l und f etwa hinsichtlich x in dem vorliegenden Fall die $(k+\mu)^{te}$ Potenz von x als Factor ausscheidet:

$$(\lambda_l f) = k + \mu.$$

Bestimmt man die entsprechende Zahl für jeden Linearfactor von λ_l, so ist $(\lambda_l f)$ gleich der Summe dieser Zahlen. — Uebrigens bedarf es gar nicht der Auflösung von λ_l in Factoren, wenn man den grössten gemeinsamen Theiler ermittelt zuerst von λ_l und f_k, wobei sich etwa $\lambda_{l'}$ ergeben möge, dann von $\lambda_{l'}$ und f_{k+1}, wobei $\lambda_{l''}$ herauskommen möge, u. s. w. Es ist dann:

$$(\lambda_l f) = k(l - l') + (k+1)(l' - l'') + \ldots$$

durch Ausführung bloss rationaler Processe bestimmt.

Es entsteht nun die Aufgabe, auf den vorstehend behandelten Fall auch den allgemeinen zurückzuführen, wo sich keine homogene Function λ finden lässt, welche der Gleichung (1) genügt.

Bevor dies in allgemeiner Weise geschieht, sei mir gestattet, die Natur des eingeschlagenen Verfahrens durch Voranschicken eines Falles darzulegen, den ich an einer anderen Stelle bereits behandelt habe, des Falles nämlich, wo die Zahl $k = 1$ ist, und die Functionen λ und ϱ sich in eindeutiger Weise ergeben.

Digitized by Google

2.

Die nach Dimensionen von x, y geordneten Functionen f und φ seien:

$$\varphi = \varphi_i + \varphi_{i+1} + \ldots + \varphi_m$$
$$f = f_1 + f_2 + \ldots + f_n,$$

wo $i \geq 1$, und die Functionen niederster Dimension f_1 und φ_i von Null verschieden seien.

Ist f_1 nicht Factor von φ_i, so haben die Curven f und φ keine Berührung in dem Punkte O, und die Multiplicität von O ist gleich i.

Ist aber f_1 Theiler von φ_i, ist also etwa identisch:

$$\varphi_i = f_1 \varrho_{i-1},$$

so bilde man den Ausdruck:

$$\psi = \varphi - \varrho_{i-1} f = (\varphi_{i+1} - \varrho_{i-1} f_2) + (\varphi_{i+2} - \varrho_{i-1} f_3) + \ldots$$
$$= \psi_{i+1} + \psi_{i+2} + \ldots$$

Ist f_1 nicht Theiler von ψ_{i+1}, so ist die Anzahl (ψf) der Schnittpunkte von $\psi = 0$ mit $f = 0$ gleich $i + 1$, und folglich auch:

$$(\varphi f) = i + 1.$$

Ist aber f_1 Theiler auch von ψ_{i+1}, bestehen also die Gleichungen:

$$\varphi_i = f_1 \varrho_{i-1}$$
$$\varphi_{i+1} = f_2 \varrho_{i-1} + f_1 \varrho_i,$$

so setze man wieder:

$$\chi = \psi - \varrho_i f = \varphi - (\varrho_{i-1} + \varrho_i) f = \chi_{i+2} + \chi_{i+3} + \ldots,$$

und untersuche die Theilbarkeit von χ_{i+2} durch f_1. In dieser Weise fahre man fort. Da sich die Vielfachheit des

Digitized by Google

Punktes, den die Curven φ, ψ, χ, ... der Reihe nach in O besitzen, bei jedem Schritt um mindestens eins erhöht, so muss der Fall eintreten, dass dieselbe gleich der Multiplicität des Schnittpunkts von f und φ wird. Ist dies etwa nach $(\beta - i)$-maliger Wiederholung der Fall, verschwinden also in:

$$\Phi = \varphi - \varrho f = \Phi_\beta + \Phi_{\beta+1} + \dots,$$

wo:

$$\varrho = \varrho_{i-1} + \varrho_i + \varrho_{i+1} + \dots + \varrho_{\beta-2}$$

ist, die Glieder bis herauf zur $(\beta - 1)^{\text{ten}}$ Dimension einschliesslich identisch, während Φ_β von Null verschieden ist, so hat die Curve:

$$\Phi = 0$$

im Ursprung einen β-fachen Punkt, dessen Zweige sämmtlich die Curve f nicht berühren. Φ besitzt alsdann β Schnittpunkte mit f an dieser Stelle. Die Functionen ϱ_{i-1}, ϱ_i, ... $\varrho_{\beta-2}$ bestimmen sich aus den Gleichungen:

$$\left.\begin{aligned}
\varphi_i &= \varrho_{i-1} f_1 \\
\varphi_{i+1} &= \varrho_{i-1} f_2 + \varrho_i f_1 \\
\varphi_{i+2} &= \varrho_{i-1} f_3 + \varrho_i f_2 + \varrho_{i+1} f_1 \\
&\dots\dots\dots\dots \\
\varphi_{\beta-1} &= \varrho_{i-1} f_{\beta-i} + \varrho_i f_{\beta-i-1} + \dots + \varrho_{\beta-2} f_1,
\end{aligned}\right\} \quad (2)$$

welche sich nicht durch Nullsetzen der Glieder niederster Dimension von φ ergeben.

In dem Falle $k = 1$ lässt sich also die Gleichung einer Curve:

$$\Phi = \varphi - \varrho f = 0$$

bestimmen, welche in O einen vielfachen Punkt besitzt, dessen Zweige f nicht berühren, und für welche der Schnittpunkt mit f in O dieselbe Multiplicität besitzt, wie der von φ mit f.

Ist auch noch $i = 1$, so drücken die Gleichungen (1) im Allgemeinen die nothwendige und hinreichende Bedingung

Digitized by Google

dafür aus, dass die Zweige der Curven φ und f in β consecutiven Punkten übereinstimmen (eine höhere Berührung eingehen). Denn da die Gleichungen (1) ausdrücken, dass β Schnittpunkte von φ und f in den Punkt O fallen, und da für $k = i = 1$ sowohl f als φ nur je einen einfachen Zweig durch O schickt, so muss die Multiplicität in O von $(\beta - 1)$ punktiger Berührung herrühren. Ferner aber unterscheidet sich, wie man leicht bestätigt, die Anzahl der in den Functionen $\varrho_0, \varrho_1, \varrho_2, \ldots \varrho_{\beta-2}$ befindlichen verfügbaren Constanten (welche in $\varphi_1, \varphi_2, \ldots \varphi_{\beta-1}$ eingehen) noch um β Einheiten von der Zahl der in einer allgemeinen Function von der Form:

$$\varphi_1 + \varphi_2 + \ldots + \varphi_{\beta-1}$$

verfügbaren Constanten; β Constante kommen also auf die zu erfüllende Bedingung. In der That absorbirt die Festlegung von β Punkten der Curve φ gerade β Constante, wenn man von Ausnahmefällen absieht, auf die wir hier nicht eingehen wollen.

3.

Das in (2) angegebene Verfahren lässt sich mit einer leichten Modification auf die Bestimmung der Multiplicität von O für zwei Curven f und φ von beliebigem Verhalten in O ausdehnen.

Ich gehe wieder aus von den nach Dimensionen von x, y geordneten Gleichungen der Curven:

$$\varphi = \varphi_i + \varphi_{i+1} + \ldots + \varphi_m$$
$$f = f_k + f_{k+1} + \ldots + f_n.$$

Ist die Resultante von φ_i und f_k von Null verschieden, berühren sich also die Zweige von f und φ nicht, so hat φ bereits die gewünschte Form.

Digitized by Google

Verschwindet aber die Resultante aus φ_i und f_k, so stellt man eine Function, die sich in O gegenüber f ebenso verhält, wie φ, deren Anfangsglied aber mit f_k keinen Linearfactor gemeinsam hat, durch wiederholte Anwendung des folgenden Processes her.

Sei etwa die homogene Function σ der durch rationale Operationen leicht bestimmbare grösste gemeinschaftliche Theiler von φ_i und f_k, also etwa:

$$f_k = \sigma f'$$
$$\varphi_i = \sigma \varphi',$$

wo nun f' und φ' theilerfremde Functionen sind, so bilde man die Differenz:

$$\psi = f'\varphi - \varphi' f = (\varphi_{i+1} f' - f_{k+1}\varphi') + (\varphi_{i+2} f' - f_{k+2}\varphi') + \ldots.$$
$$= \psi_l + \psi_{l+1} + \ldots,$$

geordnet wiederum nach Dimensionen von x und y.

Man bemerkt zunächst, dass die Anzahl der Glieder (verschiedener Dimension) ψ_l, ψ_{l+1}, ... von ψ um mindestens eine Einheit kleiner ist, als die grösste der beiden Zahlen:

$$m - i + 1, \quad n - k + 1,$$

welche bezw. die Anzahl der Glieder in φ und f angeben.

Nun hat das Glied niedrigster Dimension:

$$\psi_l = \varphi_{i+1} f' - f_{k+1}\varphi'$$

entweder mit f_k einen Factor gemeinsam, oder nicht. Im letzteren Fall ist der Process abgeschlossen. Denn auf dem in § 1 angegebenen Weg bestimmt sich für die homogene Function f' leicht die Multiplicität $(f' f)$ des in O fallenden Schnittpunktes mit f, und um diejenigen (φf) von φ mit f zu finden, hat man nur die Gleichung anzuwenden:

$$(\psi f) = (\varphi f) + (f' f),$$

wo $(\psi f) = k \cdot l$ ist.

Digitized by Google

Auch dann ist immer ein Abschluss erreicht, wenn φ_1 mit φ_i keinen Theiler gemeinsam hat, weil man die Beziehung hat:

$$(\psi\,\varphi) = (f\,\varphi) + (\varphi'\,\varphi).$$

Besitzt aber ψ_1 sowohl mit f_k wie mit φ_i je einen Theiler gemeinsam, so hat man das auf f und φ angewandte Verfahren fortzusetzen, indem man entweder ψ und φ oder ψ und f benutzt. In jedem Fall ist dann für eine so entstandene Function χ, etwa:

$$\chi = \varphi''\,\psi - \psi''\,\varphi = \chi_r + \chi_{r+1} + \ldots\ldots,$$

(wo φ'' und ψ'' durch Division des grössten gemeinsamen Theilers von φ_i und ψ_1 in diese Functionen entstanden sind), die Anzahl der Glieder χ_r, χ_{r+1}, ... um mindestens eins kleiner, als die Anzahl für diejenigen der Functionen ψ, φ, welche die grössere Gliederzahl besitzt. Man prüfe nun wieder das Anfangsglied χ_r auf gemeinschaftliche Factoren mit φ_i, ψ_1. Nur in dem Falle, dass χ_r mit jedem dieser Ausdrücke einen Factor gemeinsam hat, ist das Verfahren fortzusetzen.[1]) Unter allen Umständen ergiebt sich aber nach einer endlichen Anzahl von Wiederholungen ein Abschluss, wenn man ausser der zuletzt erhaltenen Function für die Umbildung jedesmal diejenige von den beiden vorhergehenden benutzt, welche die geringste Gliederzahl besitzt. Denn dieses Vorgehen hat eine fortgesetzte Verminderung

1) Wenn ein Factor χ' von χ_r Theiler von χ selbst sein sollte, was vorkommen kann, dann wende man das angegebene Verfahren auf den Quotienten:

$$\frac{\chi}{\chi'} = X$$

und φ, statt auf χ und φ an, benutze überhaupt allenthalben X statt χ, und bestimme $(\chi\,\varphi)$ aus der Relation:

$$(X\,\varphi) = (\chi\,\varphi) - (\chi'\,\varphi).$$

Digitized by Google

der Gliederzahl zur Folge, so dass man zuletzt bei einem einzigen Glied, d. h. einer homogenen Function von x und y anlangt, deren Schnittpunkt mit f in O wieder mit Hilfe des in § 1 angegebenen Verfahrens untersucht wird.

Die Kette von Gleichungen, zu welchen man so geführt wird, sei die folgende:

$$\left.\begin{aligned} \psi &= \mathfrak{f}' \varphi - \varphi' \mathfrak{f} \\ \chi &= \varphi'' \psi - \psi'' \varphi \\ \vartheta &= \psi''' \chi - \chi''' \psi \\ &\cdots\cdots \\ \tau &= \varrho^{(\nu-1)} \sigma - \sigma^{(\nu-1)} \varrho \\ \omega &= \sigma^{(\nu)} \tau - \tau^{(\nu)} \sigma, \end{aligned}\right\} \qquad (1)$$

wo nun ω in lauter Linearfactoren zerfallen möge. Dann berechnet man die Multiplicität des Schnittpunkts O von φ mit f vermöge der Gleichungen:

$$\begin{aligned} (\omega\ \tau) &= (\sigma\ \tau) + (\tau^{(\nu)} \tau) \\ (\tau\ \sigma) &= (\varrho\ \sigma) + (\sigma^{(\nu-1)} \sigma) \\ &\cdots\cdots\cdots \\ (\chi\ \psi) &= (\varphi\ \psi) + (\psi''\ \psi) \\ (\psi\ \varphi) &= (\mathfrak{f}\ \varphi) + (\varphi'\ \varphi), \end{aligned}$$

wo nun die Zahlen $(\omega\,\tau)$, $(\tau^{(\nu)}\,\tau)$, $(\sigma^{(\nu-1)}\,\sigma)$, ... $(\psi''\,\psi)$ $(\varphi'\,\varphi)$ sämmtlich direct bestimmbar sind (§ 1), weil ω, $\tau^{(\nu)}$, $\sigma^{(\nu-1)}$, ... ψ'', φ' homogene Functionen von x und y sind. — Aus der ersten Gleichung bestimmt man $(\sigma\,\tau)$, setzt diesen Werth in die zweite ein, bestimmt aus dieser $(\varrho\,\sigma)$, u. s. w. und gelangt so zuletzt zu $(\mathfrak{f}\,\varphi)$.

Die Elimination der Functionen ψ, χ, ϑ, ... σ, τ aus dem System (1) führt zu einer identischen Gleichung von der Form:

$$\omega = \lambda \cdot \varphi + \varrho \cdot \mathfrak{f},$$

wo die homogene Function ω keinen der Linearfactoren be-

Digitized by Google

sitzt, welche die Anfangsglieder φ_i und f_k von φ und f gemeinsam haben. Das Verhalten der — im allgemeinen nicht homogenen — Functionen λ und ϱ gegenüber f in dem Ursprung O des Coordinatensystems bestimmt sich aus den bekannten Zahlen (φf), (ωf), $(\omega \varphi)$ vermöge der Beziehungen:

$$(\omega f) = (\varphi f) + (\lambda f)$$
$$(\omega \varphi) = (f \varphi) + (\varrho \varphi).$$

Es liegt auf der Hand, dass es für die Bestimmung von (φf) ausreicht, anstatt bis zu ω, bis zu einer solchen Curve vorzudringen, welche mit den beiden voraufgehenden gemeinsame Tangenten nicht besitzt. Der Process, der zu einer solchen Function führt, ist im allgemeinen kürzer, als der oben geschilderte, und ist so einzurichten, dass man je mit der zuletzt erzeugten Function diejenige von den beiden zuvor gebildeten combinirt, die bewirkt, dass in der neu zu bildenden Function möglichst wenige Glieder (in stetiger Aufeinanderfolge) Factoren mit dem Anfangsglied gemeinsam haben, welche zugleich Factoren der Anfangsglieder der beiden benutzten Functionen sind.

Ein Beispiel möge dieses Verfahren erläutern:

Sei: $$f = xy + y^2x + y^2x^2 + f_5$$
$$\varphi = xy + xy(x + y) + x^2y^2 + \varphi_5,$$

wo f_5, φ_5 homogene Functionen mit unbestimmten Coefficienten sind. Man bilde der Reihe nach:

$$\psi = f - \varphi = -yx^2 + f_5 - \varphi_5$$
$$\chi = \psi + \varphi \cdot x = yx^2(x + y) + (x^3y^2 + f_5 - \varphi_5) + x\varphi_5$$
$$\vartheta = \chi + (x + y) \cdot \psi = (x^3y^2 + f_5 - \varphi_5) + \ldots.$$

Dann ist, wenn $f_5 - \varphi_5$ weder den Factor x, noch den Factor y aussondert, und zugleich $x^3y^2 + f_5 - \varphi_5$ nicht den Factor $x + y$ besitzt:

$$(\vartheta \chi) = 5 \cdot 4 = (\psi \chi) + (x + y, \chi).$$

Digitized by Google

Weil für $x + y = 0$ die Function χ sich auf Glieder 5ter (und höherer) Dimension reducirt, ist ferner:

$$(\chi, x + y) = 5.$$

Ebenso: $$(\varphi, x) = 5.$$

Daher endlich ist:

$$(f\,\psi) = (\varphi\,\psi) = (\chi\,\psi) - (x\,\psi) = 15 - 5 = 10$$

die Multiplicität des Schnittpunktes der Curven φ und f in dem Ursprung O des Coordinatensystems. — In der That haben die Zweige des Doppelpunkts, welchen φ in O hat, je 4 consecutive Punkte mit den Doppelpunktszweigen von f, die sie berühren, gemeinsam.

Die Durchführung des angegebenen Verfahrens bis zu einer Function hin, welche in lineare Factoren zerfällt, führt augenscheinlich zu einem Bestandtheil derjenigen Resultante der beiden Ausgangsfunctionen f und φ, die durch Elimination einer Variabeln z entsteht, mit deren Hilfe man dieselben in homogene ternäre Formen überführt. Denn diese Resultante, gleich Null gesetzt, repräsentirt, geometrisch zu reden, das Product der Strahlen, die sich von dem Ursprung des Coordinatensystems nach den Schnittpunkten der Curven $f = 0$, $\varphi = 0$ legen lassen, unter welchen sich denn auch die in den Ursprung selbst gerückten befinden müssen. Die nächste Verallgemeinerung würde nun in der Aufstellung dieses Strahlenproducts für einen beliebigen (nicht in einen Schnittpunkt von f und φ fallenden) Punkt der Ebene bestehen und damit zu denjenigen Gleichungen hinleiten, durch die Clebsch und Herr Kronecker das System der Schnittpunkte zweier Curven definiren, dessen Zerfällung in seine rationalen Bestandtheile die Multiplicität einzelner Schnittpunkte zu ermitteln gestattet.

Digitized by Google

Ich finde aber, dass für diesen letzteren Zweck der Vorzug des oben mitgetheilten Verfahrens eben in der Beschränkung auf den ersten Schritt in der angegebenen Richtung besteht.

Digitized by Google

Ueber diejenigen Flächen, auf denen zwei Schaaren geodätischer Linien ein conjugirtes System bilden.

Von A. Voss in München.

(Eingelaufen 8. März.)

Von Liouville rührt bekanntlich der Satz her, dass von zwei Schaaren reeller geodätischer Linien auf einer Fläche (mit Ausnahme der developpabelen Flächen) kein orthogonales System gebildet werden kann. Dagegen ist meines Wissens die Frage bisher nicht erörtert worden, unter welchen Umständen zwei Schaaren geodätischer Curven auf einer Fläche ein conjugirtes System bilden können. Eine nähere Untersuchung derselben, aus der im folgenden einige Resultate mitgetheilt werden sollen, zeigt, dass die Bestimmung dieser Flächen mit derjenigen der Flächen constanter Krümmung eng zusammenhängt. Dabei ist indessen der Fall reeller geodätischer Linien vorausgesetzt; lässt man auch imaginäre Systeme zu, so ergeben sich noch andere Lösungen, wie die im folgenden besprochenen; so z. B. würden auf allen Minimalflächen die Minimalcurven selbst ein solches System bilden. Andererseits mag im vornherein der Fall der Developpabelen ausgeschlossen sein; auf ihnen bilden die Erzeugenden mit jeder Schaar geodätischer Curven ein solches System.

Wird eine krumme Fläche zu der Kugel mit dem Radius Eins in diejenige Beziehung versetzt, welche man als sphärische Abbildung derselben auf die Kugel bezeichnet, so

Digitized by Google

wird im allgemeinen der Winkel Θ zwischen den Parameterlinien $u = \text{const}$, $v = \text{const}$, in der Abbildung nicht erhalten bleiben. In Bezug hierauf kann man den folgenden, auch leicht aus geometrischen Betrachtungen ableitbaren Satz aufstellen:

Der Cosinus des Winkels Θ unter dem sich irgend zwei Richtungen auf der Fläche schneiden, bleibt bei sphärischer Abbildung (bis aufs Vorzeichen) in den folgenden drei Fällen ungeändert:

Erstens, wenn die Fläche eine Minimalfläche oder eine Kugel ist;

zweitens, wenn die beiden Richtungen zu einander conjugirt sind;

drittens, wenn dieselben invers conjugirt sind.

Unter der invers conjugirten Richtung zu einer gegebenen verstehe ich dabei diejenige, nach welcher die Krümmung des Normalschnittes ebenso gross ist, wie nach der conjugirten, oder welche mit einem der Hauptschnitte denselben Winkel bildet, wie die conjugirte Richtung. Die Doppelstrahlen der conjugirten Beziehung, d. h. die (in negativ gekrümmten Theilen der Fläche reellen) Haupttangenten sind invers conjugirt; umgekehrt sind die symmetrisch zu den Hauptschnitten gelegenen conjugirten Richtungen die (auf positiv gekrümmten Flächentheilen reellen) Doppelstrahlen der invers conjugirten Beziehung. Auf den Minimalflächen insbesondere stehen invers conjugirte Richtungen zu einander senkrecht, auf der Kugel sind sie unbestimmt.

Bezeichnet man durch X, Y, Z die Richtungscosinus der Normale eines Punctes x, y, z der Fläche, durch e, f, g die Coefficienten des Längenelementes

$$ds^2 = e\,du^2 + 2\,f\,du\,dv + g\,dv^2,$$

Digitized by Google

durch E, F, G die Ausdrücke[1])

$$E = X\frac{\partial^2 x}{\partial u^2} + Y\frac{\partial^2 y}{\partial u^2} + Z\frac{\partial^2 z}{\partial u^2},$$

$$F = X\frac{\partial^2 x}{\partial u\,\partial v} + Y\frac{\partial^2 y}{\partial u\,\partial v} + Z\frac{\partial^2 z}{\partial u\,\partial v},$$

$$G = X\frac{\partial^2 x}{\partial v^2} + Y\frac{\partial^2 y}{\partial v^2} + Z\frac{\partial^2 z}{\partial v^2};$$

setzt man ferner

$$\sigma = \sqrt{eg - f^2},$$

1)
$$\sigma A_1 = e\frac{\partial f}{\partial u} - \tfrac{1}{2}e\frac{\partial e}{\partial v} - \tfrac{1}{2}f\frac{\partial e}{du},$$

$$\sigma C = g\frac{\partial f}{\partial v} - \tfrac{1}{2}g\frac{\partial g}{\partial u} - \tfrac{1}{2}f\frac{\partial g}{\partial u},$$

so sind die Bedingungen für ein aus conjugirten Curven gebildetes System geodätischer Linien u = const, v = const

2)
$$F = o,\ A_1 = o,\ C = o.$$

Durch Integration der Gaussischen Differentialgleichungen zwischen den E, G, F, e, g, f erhält man leicht:

3)
$$E = \sqrt{\frac{\sigma}{g}}\,U,$$

$$G = \sqrt{\frac{\sigma}{e}}\,V,$$

---

1) Bei Anwendung dieser Bezeichnung wird die invers conjugirte Beziehung zwischen zwei Richtungen du, dv; du', dv' durch die Bedingung

$$(Eg - 2Ff + Ge)(E\,du\,du' + F(du\,dv' + dv\,du') + G\,dv\,dv') = 2(EG - F^2)(e\,du\,du' + f(du\,dv' + dv\,du') + g\,dv\,dv')$$

ausgedrückt.

Digitized by Google

in welchen Gleichungen U resp. V willkürliche Functionen von u, resp. v bedeuten, die jedoch ohne Beschränkung der Allgemeinheit gleich der Einheit gewählt werden können, wie im folgenden geschehen soll. Aus den Gleichungen 3 ergiebt sich alsdann:

$$4) \quad \left(\frac{\partial X}{\partial u}\right)^2 + \left(\frac{\partial Y}{\partial u}\right)^2 + \left(\frac{\partial Z}{\partial u}\right)^2 = 1,$$

$$\left(\frac{\partial X}{\partial v}\right)^2 + \left(\frac{\partial Y}{\partial v}\right)^2 + \left(\frac{\partial Z}{\partial v}\right)^2 = 1,$$

$$\frac{\partial X}{\partial u}\frac{\partial X}{\partial v} + \frac{\partial Y}{\partial u}\frac{\partial Y}{\partial v} + \frac{\partial Z}{\partial u}\frac{\partial Z}{\partial v} = -\frac{f}{\sqrt{ge}} = -\lambda;$$

mithin wird das Längenelement auf der Kugel gegeben durch den Ausdruck:

$$5) \quad d\Sigma^2 = du^2 + dv^2 - 2\lambda\, du\, dv.$$

Das liefert den folgenden Satz:

1) Bei der sphärischen Abbildung einer Fläche, auf der zwei Schaaren reeller geodätischer Curven ein conjugirtes System bilden, gehen dieselben in ein System äquidistanter Curven auf der Kugel über.

Umgekehrt lässt sich leicht beweisen:

2) Finden für eine Fläche die Gleichungen

$$6) \quad F = 0, \quad \frac{\partial E\sqrt{\frac{g}{\sigma}}}{\partial v} = 0, \quad \frac{\partial G\sqrt{\frac{e}{\sigma}}}{\partial u} = 0,$$

statt, so ist dieselbe bezogen auf zwei geodätische Schaaren, die ein conjugirtes System bilden.

Bekanntlich werden alle reellen Eintheilungen der Kugelfläche in äquidistante Systeme durch die Abbildung der Haupt-

Digitized by Google

tangentencurven der Flächen constanter negativer Krümmung -1 auf die Kugel gewonnen. Man kann daher die Bestimmung der Flächen, auf denen zwei geodätische Schaaren ein conjugirtes System bilden, durch folgenden Satz mit dem Problem der Flächen constanter Krümmung in Verbindung setzen.

3) Einer jeden Eintheilung der Kugel in zwei Schaaren äquidistanter Curven entspricht eine Klasse von Flächen der genannten Eigenschaft, gebildet von allen denjenigen, deren conjugirte Parameterlinien auf der Kugel das gegebene System durch Abbildung erzeugen.

Unter Voraussetzung der Gleichung (5) müssen nämlich für jede Fläche, die zu den äquidistanten Curven der Kegel in der so eben bezeichneten Beziehung steht, und für welche $F = o$ ist, die Gleichungen

$$7) \qquad -\frac{\partial x}{\partial u}\sqrt{1-\lambda^2} = \sqrt{e}\left(\frac{\partial X}{\partial u} + \lambda\frac{\partial X}{\partial v}\right),$$

$$-\frac{\partial x}{\partial v}\sqrt{1-\lambda^2} = \sqrt{g}\left(\frac{\partial X}{\partial u}\lambda + \frac{\partial X}{\partial v}\right),$$

nebst den entsprechenden für y und z stattfinden. Vermöge der Integrabilitätsbedingungen der Gleichungen (7) aber erhält man

$$\frac{\partial\sqrt{e}}{\partial v} = \frac{\partial\lambda\sqrt{g}}{\partial u},$$

$$\frac{\partial\sqrt{g}}{\partial u} = \frac{\partial\lambda\sqrt{e}}{\partial v},$$

welche Gleichungen mit den Bedingungen geodätischer Parameter $A_1 = o$, $C = o$ übereinkommen; ausserdem ist aber den Gleichungen (7) zufolge $F = o$, so dass die Curven auch ein conjugirtes System bilden. Setzt man nun

Digitized by Google

$$\sqrt{e} = z, \quad \sqrt{g} = \zeta,$$

so wird

$$z(1+\lambda) = \frac{\partial M}{\partial u},$$

$$\zeta(1+\lambda) = \frac{\partial M}{\partial v},$$

wo M eine Function ist, die durch die partielle Differentialgleichung

$$8) \quad \frac{\partial}{\partial u}\left(\frac{\partial M}{\partial v}\frac{1-\lambda}{1+\lambda}\right) + \frac{\partial}{\partial v}\left(\frac{\partial M}{\partial u}\frac{1-\lambda}{1+\lambda}\right) = 0$$

characterisirt ist, während λ der Differentialgleichung

$$\frac{\partial^2 \lambda}{\partial u \partial v} + \frac{\lambda}{1-\lambda^2}\frac{\partial \lambda}{\partial u}\frac{\partial \lambda}{\partial v} + 1 - \lambda^2 = 0$$

genügt. Unter der Voraussetzung, dass M eine Lösung der Gleichung (8) ist, ergeben sich daher aus (7) durch Quadratur die Coordinaten x, y, z der gesuchten Flächen.

Es sei hier der Fall hervorgehoben, wo

$$z = \pm \zeta$$

wird; d. h. wo die Flächen durch das conjugirte System der geodätischen Linien in unendlich kleine Rhomben getheilt werden. Für $z = -\zeta$ sind die Krümmungslinien gegeben durch $u \pm v = \text{const}$; sie theilen die Fläche in unendlich kleine Quadrate, und die Form des Längenelementes

$$ds^2 = e(du^2 + dv^2 - 2\lambda\, du\, dv)$$

zeigt, dass die Abbildung auf die Kugel eine conforme ist. In der That wird die Fläche eine Minimalfläche: gleichzeitig aber müssen, wie leicht zu zeigen ist, sowohl M als auch λ Functionen von $u - v$ sein. Hat man sonach

Digitized by Google

alle Minimalflächen der verlangten Art bestimmt, so ergeben sich alle Flächen positiver Krümmung, für welche

$$z = \zeta$$

ausfällt, durch folgenden Satz:

4) Einer jeden Minimalfläche der genannten Art ist adjungirt eine zu demselben Systeme äquidistanter Curven auf der Kugel gehörige solche Fläche positiver Krümmung, welche durch Quadratur gefunden wird; und umgekehrt ist auch zu jeder Fläche der letzteren Art eine bestimmte Minimalfläche adjungirt, so dass die adjungirte Beziehung eine reciproke ist.

Von weiteren Betrachtungen die sich hieran schliessen, mag hier endlich noch die Bestimmung derjenigen Rotationsflächen erwähnt werden, auf denen zwei geodätische Schaaren conjugirt sind.

Setzt man die Gleichungen der Rotationsfläche in der Form

$$\begin{aligned} x &= \varrho \cos \varphi, \\ y &= \varrho \sin \varphi, \\ z &= f(\varrho), \end{aligned}$$

voraus, betrachtet also ϱ und φ als Functionen von u und v, so wird nach Satz 2) die Bestimmung dieser Flächen zurückgeführt auf die Integration der Gleichungen (6). Auf diesem Wege erhält man, wenn

$$A = \frac{1}{\varrho^2}, \quad B = \frac{1}{\varrho^4}(1 - p^2 f'^2),$$

$$p = \frac{1 + f'^2}{\varrho f''}, \quad \omega = \frac{f'^2}{1 + f'^2},$$

gesetzt wird, durch Integration der Integrabilitätsbedingungen des Problems

Digitized by Google

HARVARD LIBRARY

$$9) \qquad \frac{\partial \varrho}{\partial u} = p\,\psi, \quad \omega\left(\frac{\partial \varphi}{\partial u}\right)^2 = 1 - \left(\frac{\psi}{\varrho}\right)^2,$$

$$\frac{\partial \varrho}{\partial v} = p\,\chi, \quad \omega\left(\frac{\partial \varphi}{\partial v}\right)^2 = 1 - \left(\frac{\chi}{\varrho}\right)^2;$$

wo ψ und χ Functionen von u resp. v sind, welche der Gleichung

$$10) \qquad 1 - A\,(\psi^2 + \chi^2) + B\,\psi^2\,\chi^2 = 0$$

genügen müssen. Eine vollständigere Behandlung der Gleichungen (9) und (10) zeigt, dass ψ und χ Constanten sein müssen. Sämmtliche Rotationsflächen der bezeichneten Art sind daher durch die die beiden willkürlichen Constanten a und b enthaltende Differentialgleichung

$$\left(1 - \frac{a^2}{\varrho^2}\right)\left(1 - \frac{b^2}{\varrho^2}\right) = \left(\frac{1 + f'^2}{\varrho\, f''}\right)^2 \frac{a^2\, b^2}{\varrho^4}$$

characterisirt, welche für f im allgemeinen ein elliptisches Integral liefert. Unter denselben befinden sich (dem Falle $a = b$ entsprechend) auch solche der vorhin erwähnten Art, welche durch die geodätischen Curven in Rhomben getheilt werden; adjungirt sind denselben die windschiefen Minimalflächen.

Digitized by Google

Ueber allgemeinere Invarianten-Systeme.

Von Dr. Ludwig Maurer in Strassburg.

(Eingelaufen 8 März.)

Bei der Begründung der Invariantentheorie kann man entweder von der Eigenschaft der Invarianten einer algebraischen Form ausgehen, dass sie durch ein gewisses System linearer Substitutionen in sich selbst transformirt werden; aus dieser Eigenschaft derselben ergibt sich sofort ihre Definition durch ein System partieller, linearer und homogener Differentialgleichungen, deren Coefficienten lineare und homogene Functionen der Coefficienten der algebraischen Form sind.

Oder man kann, wie dies zuerst Herr Aronhold getan hat,[1]) davon ausgehen, dass sich die Bedingungen, unter denen zwei algebraische Formen äquivalent sind, durch Gleichsetzung ihrer absoluten Invarianten ausdrücken lassen.

Wie man von der letzteren Definition ausgehend die Differentialgleichungen, denen die Invarianten genügen, ableiten kann, hat Herr Aronhold gezeigt. Dagegen ist noch nicht untersucht worden, ob beziehungsweise unter welchen Bedingungen umgekehrt ein System von partiellen Differentialgleichungen der Form

$$(\gamma) \sum_{\lambda=1}^{n} \sum_{\mu=1}^{n} c^{i}_{\lambda\mu} \frac{\partial f}{\partial x_\lambda} x_\mu = 0 \; (i = 1, 2, \ldots m)$$

das Invariantensystem einer algebraischen Form definirt.

1) Crelle B. 62.

Digitized by Google

Diese Frage steht im engsten Zusammenhang mit der allgemeineren Auffassung des Invariantenbegriffes, welche Herr Christoffel im 19. Bande der mathematischen Annalen (S. 280) dargelegt hat. In dieser Abhandlung gibt Herr Christoffel einen strengen Beweis des Satzes, dass für die Aequivalenz zweier algebraischen Formen die Gleichheit ihrer absoluten Invarianten sowohl erforderlich als auch hinreichend ist. Die Gültigkeit dieses Beweises ist nun keineswegs an die Voraussetzung gebunden, dass die Substitution, welche auf die Variabeln der zu transformirenden Form anzuwenden ist, eine lineare ist; es zeigt sich vielmehr, dass die linearen Substitutionen nur eine specielle Classe der invariantiven Substitutionen bilden, denen Transformationsrelationen entsprechen, welche sich durch Gleichsetzung absoluter Invarianten ausdrücken lassen.

Um den Zusammenhang der Theorie der invariantiven Substitutionen mit dem oben erörterten Problem ersichtlich zu machen, betrachten wir eine Function $F(x|\xi)$ von $x_1\ x_2 \ldots x_n$ und $\xi_1\ \xi_2 \ldots \xi_m$, welche linear und homogen in den „Coefficienten" x und wenigstens rational in den „Variabeln" ξ ist. An Stelle der Variabeln ξ führen wir neue Variable ein, welche durch die Gleichungen $\xi_\lambda = \varphi_\lambda(\eta|p)$ $(\lambda = 1, 2 \ldots m)$ definirt sind, wo φ_λ eine rationale Function von $\eta_1\ \eta_2 \ldots \eta_m$ und den m′ verfügbaren Paramenten $p_1\ p_2 \ldots p_{m'}$ bedeutet. Die durch die Functionen φ definirte Substitution sei der Art, dass durch sie die Function $F(x\xi)$ in die Function $F(y|\eta)$ transformirt werde. Die Coefficienten der transformirten Function sind lineare und homogene Functionen der Coefficienten der ursprünglichen Function und rationale Functionen der Parameter p, also von der Form

$$(A) \quad y_\lambda = \sum_{\mu=1}^{n} a_{\lambda\mu}\, x_\mu \quad (\lambda = 1, 2, \ldots n)$$

wo die $a_{\lambda\mu}$ rationale Functionen der p sind.

Digitized by Google

Betrachten wir nun die Coefficienten x und die Coefficienten y als gegeben, dann müssen, wenn es möglich sein soll die Function $F(x|\xi)$ durch die Substitutionen $\xi_\lambda = \varphi_\lambda(\eta|p)$ $(\lambda = 1, 2, \ldots m)$ in die Function $F(y|\eta)$ zu transformiren, — allgemein zu reden — zwischen den Coefficienten x und y Bedingungsgleichungen stattfinden. Nehmen wir an, diese Aequivalenzbedingungen lassen sich durch eine Anzahl Gleichungen der Form $f((y)) = f((x))$ ausdrücken, wo f eine rationale und homogene Function der angezeigten Argumente bedeutet. Dann haben die Functionen f die Eigenschaft durch die lineare Substitution (A), deren Coefficienten Functionen der variabeln Paramente p sind, in sich selbst transformirt zu werden, und daraus folgt, wie unten gezeigt wird, dass die Functionen f einem System partieller Differentialgleichungen der Form (γ) genügen. —

Sollen die Differentialgleichungen (γ) ein Invariantensystem in dem eben erläuterten Sinn definiren, so muss sich ihr Integralsystem durch eine Anzahl rationaler Functionen von $x_1\ x_2 \ldots x_n$ darstellen lassen. Die Bedingungen hiefür werden im Folgenden angegeben werden. Sind dieselben erfüllt, so lässt sich ein System invariantiver Substitutionen nachweisen, denen gegenüber die Integrale der Differentialgleichungen (γ) als Invarianten zu betrachten sind.

Das Problem, welches den Gegenstand der folgenden Untersuchung bildet, lässt sich als speciellen Fall des allgemeinen Problems betrachten, das Herr Lie in seinen Abhandlungen über partielle Differentialgleichungen und Berührungstransformationen[1]) behandelt hat. Infolge der Verschiedenheit der maassgebenden Gesichtspuncte sind jedoch die Methoden, die im Folgenden zur Verwendung kommen, wesentlich verschieden von denen, deren sich Herr Lie bedient.

1) Mathemat. Annalen B. 8, 9, 11, 16, 25.

Digitized by Google

I.

Ueber rationale homogene Functionen mit unendlich vielen linearen Transformationen in sich selbst.

Es wird im Folgenden nachgewiesen werden, dass eine rationale und homogene Function $f((x))$ der Variabeln $x_1 x_2 \ldots x_n$, welche einem System partieller Differentialgleichungen (γ) genügt, unendlich viele lineare Transformationen in sich selbst zulässt. Vorerst aber werde ich den umgekehrten Weg einschlagen und untersuchen: Welche Bedingungen ergeben sich aus der Annahme, $f((x))$ wurde durch unendlich viele lineare Substitutionen in sich selbst transformirt, einerseits für die Function $f((x))$ und andererseits für die Substitutionscoefficienten?

Nehmen wir also an, $f((x))$ wurde durch die umkehrbare lineare Substitution

$$(A) \quad y_\lambda = \sum_{\mu=1}^{n} a_{\lambda\mu} x_\mu \, (\lambda = 1, 2, \ldots n)$$

in sich selbst transformirt, d. h. es bestehe für alle Werte der x und alle den Gleichungen (A) genügenden Werte der y die Gleichung $f((y)) = f((x))$.

Diese Gleichung muss also, wenn man die y durch ihre Werte in Function der x ersetzt, in den x identisch werden; sie führt daher zu einem System algebraischer Gleichungen (S), denen die Substitutionscoefficienten $a_{\lambda\mu}$ genügen müssen. Ausserdem unterliegen die letzteren der Zusatzbedingung, dass ihre Determinante nicht verschwindet.

Das Gleichungssystem (S) ist entweder selbst irreductibel oder es lässt sich durch eine Anzahl irreductibler Gleichungs-

Digitized by Google

systeme ersetzen.[1]) Von diesen irreductiblen Gleichungssystemen sind zunächst diejenigen auszuschliessen, denen nur solche Wertsysteme $a_{11}\ a_{12} \ldots a_{nn}$ genügen, deren Determinante verschwindet. Die Gesammtheit der übrig bleibenden Gleichungssysteme bezeichne ich mit (S'). Durch diese Gleichungssysteme seien eine Anzahl irreductibler algebraischer Gebilde der Mannigfaltigkeit m, aber keines von höherer Mannigfaltigkeit bestimmt. Unter diesen irreductiblen Gebilden gibt es mindestens eines, dem das Wertsystem

$$a_{\lambda\mu} = \binom{\lambda}{\mu} \ (\lambda, \mu = 1, 2, \ldots n)^2)$$

angehört.

Dies lässt sich auf folgende Art beweisen: Durch irgend eines der irreductiblen Gebilde der Mannigfaltigkeit m seien die n^2 Grössen $a_{\lambda\mu}((p))$ als algebraische Functionen von m variablen Parametern $p_1\ p_2 \ldots p_m$ definirt. Dann wird f durch die Substitution

$$y_\lambda = \sum_\mu a_{\lambda\mu}((p))\, x_\mu \ (\lambda = 1, 2, \ldots n)$$

in sich selbst transformirt, wie auch die Werte der p gewählt werden mögen. f wird also auch durch die Substitution

$$y_\lambda = \sum_\mu a_{\lambda\mu}((p'))\, x_\mu \ (\lambda = 1, 2, \ldots n)$$

in sich selbst transformirt, wo $p_1'\ p_2' \ldots p_m'$ ein festes Wertsystem von $p_1\ p_2 \ldots p_m$ bedeutet, und folglich auch durch die Substitution

$$z_\lambda = \sum_\mu b_{\lambda\mu}((p))\, x_\mu \ (\lambda = 1, 2, \ldots n)$$

---

1) Vergl. Kronecker, Grundzüge einer arithmetischen Theorie der algebraischen Grössen § 10.

2) Das Symbol $\binom{\lambda}{\mu}$ bedeutet 1 oder 0, je nachdem λ und μ gleich oder ungleich sind.

Digitized by Google

deren Coefficienten durch die Gleichungen

$$\sum_{\mu} a_{\lambda\mu}((p')) z_{\mu} = \sum_{\mu} a_{\lambda\mu}((p)) x_{\mu} \; (\lambda = 1, 2, \ldots n)$$

bestimmt sind.

Auch die $b_{\lambda\mu}((p))$ constituiren ein algebraisches Gebilde der Mannigfaltigkeit m, denn da man über m von den Functionen $a_{\lambda\mu}((p))$ verfügen kann, kann man bewirken, dass m von den Functionen $b_{\lambda\mu}((p))$ vorgeschriebene Werte annehmen. Dieses Gebilde ist irreductibel, da die $b_{\lambda\mu}((p))$ rationale Functionen der $a_{\lambda\mu}((p))$ sind. Endlich entsprechen dem Wertsystem

$$p_1 = p_1' \quad p_2 = p_2' \ldots p_m = p_m'$$

die Werte $b_{\lambda\mu}((p')) = \binom{\lambda}{\mu} (\lambda, \mu = 1, 2, \ldots n)$.

Es gibt somit mindestens ein algebraisches Gebilde der verlangten Art; es wird sich zeigen, dass es auch nur ein solches gibt.

Die durch dieses irreductible Gebilde bestimmten Substitutionen bilden den Gegenstand der folgenden Untersuchung.

II.

Partielle Differentialgleichungen, denen die Function f und die Substitutionscoefficienten $a_{\lambda\mu}$ genügen.

Im Folgenden betrachte ich die Substitutionscoefficienten als Functionen von m unabhängig variablen Parametern $p_1 p_2 \ldots p_m$.

Die Wahl dieser Parameter bleibt vorbehalten; vorerst wird nur vorausgesetzt:

Digitized by Google

1) man kann den Parametern solche Werte erteilen, dass m von den Substitutionscoefficienten vorgeschriebene Werte erhalten;

2) man kann von jedem beliebigen Wertsystem der $a_{\lambda\mu}$ zu jedem anderen gelangen, indem man die Parameter geeignete Wege beschreiben lässt;

3) es gibt ein Wertsystem p' der Parameter, das den n^2 Gleichungen

$$a_{\lambda\mu}((p')) = \binom{\lambda}{\mu} \quad (\lambda, \mu = 1, 2, \ldots n)$$

genügt.

Unser Problem fordert:

Wenn die Grössen $y_1\ y_2 \ldots y_n$ durch die Gleichungen

$$(A) \quad y_\lambda = \sum_\mu a_{\lambda\mu} x_\mu \quad (\lambda = 1, 2, \ldots n)$$

als Functionen der x und der p definirt werden, so muss die Gleichung

$$f((y)) = f((x))$$

bestehen für alle Werte der unabhängig Variabeln x und für alle Werte der unabhängig Variabeln p. Infolge der über die $a_{\lambda\mu}$ gemachten Voraussetzungen lässt sich diese Forderung durch die beiden folgenden ersetzen:

1) Es soll

$$\frac{\partial f((y))}{\partial p_i} = 0 \quad (i = 1, 2, \ldots m)$$

sein für alle Werte der x und alle Werte der p, und

2) es soll

$$f((y)) = f((x))$$

sein für alle Werte der x und ein bestimmtes, im übrigen beliebig zu wählendes, Wertsystem der $a_{\lambda\mu}$.

Digitized by Google

Die zweite Forderung ist jedenfalls erfüllt, wenn wir für das feste Wertsystem der $a_{\lambda\mu}$ das Wertsystem $a_{\lambda\mu} = \binom{\lambda}{\mu}$ wählen.

Die Gleichung $f((y)) = f((x))$ wird somit vollständig vertreten durch die Differentialgleichungen

$$\frac{\partial f((y))}{\partial p_i} = \sum_{\lambda=1}^{n} \frac{\partial f((y))}{\partial y_\lambda} \frac{\partial y_\lambda}{\partial p_i} = 0 \; (i = 1, 2, \ldots m)$$

Nun ist, weil f homogene Function ist

$$\frac{\partial f((x))}{\partial x_\lambda} = \sum_{\mu=1}^{n} a_{\mu\lambda} \frac{\partial f((y))}{\partial y_\mu}$$

und ferner

$$\frac{\partial y_\lambda}{\partial p_i} = \sum_{\mu=1}^{n} \frac{\partial a_{\lambda\mu}}{\partial p_i} x_\mu$$

Führt man die aus diesen Gleichungen sich ergebenden Werte der Differentialquotienten $\frac{\partial f((y))}{\partial y_\lambda}$ und $\frac{\partial y_\lambda}{\partial p_i}$ in die obigen Gleichungen ein, so erhalten dieselben die Form

$$(\gamma') \sum_{\lambda=1}^{n} \sum_{\mu=1}^{n} C^i_{\lambda\mu} \frac{\partial f((x))}{\partial x_\lambda} x_\mu = 0 \; (i = 1, 2, \ldots m)$$

wo die Grössen $C^i_{\lambda\mu}$ durch die Gleichungen

$$(\alpha) \sum_{\nu=1}^{n} a_{\lambda\nu} C^i_{\nu\mu} = \frac{\partial a_{\lambda\mu}}{\partial p_i} \quad \begin{pmatrix} \lambda, \mu = 1, 2, \ldots n \\ i = 1, 2, \ldots m \end{pmatrix}$$

als Functionen der p bestimmt sind. Es genügt somit einerseits $f((x))$ einem System von m partiellen Differentialgleichungen, und andererseits genügen die Substitutionscoefficienten als Functionen der Parameter p betrachtet einem

Digitized by Google

System von $n^2 m$ partiellen Differentialgleichungen. Das letztere System hat eine bemerkenswerte Eigenschaft. Gibt man dem Index μ der Reihe nach die Werte $1, 2, \ldots n$ und dem Index i der Reihe nach die Werte $1, 2, \ldots m$, hält dagegen den Index λ fest, so erkennt man, dass die Substitutionscoefficienten einer Zeile

$$a_{\lambda 1} \quad a_{\lambda 2} \quad \cdot \quad \cdot \quad a_{\lambda n}$$

ein System particulärer Lösungen der Differentialgleichungen

$$\frac{\partial u_\mu}{\partial p_i} = \sum_{\nu=1}^{n} u_\nu C^i_{\nu\mu} \quad (\mu = 1, 2, \ldots n;\ i = 1, 2, \ldots m)$$

bilden.

Die Grössen $C^i_{\lambda\mu}$ sind Functionen der p. Bildet das Wertsystem $p_i = q_i$ weder eine Verzweigungs- noch eine Unstetigkeitsstelle dieser Functionen, so lassen sich dieselben für hinreichend kleine Werte von Mod $(p_i - q_i)$ nach Potenzen von $p_i - q_i$ $(i = 1, 2, \ldots m)$ entwickeln. Da die Gleichungen (γ') für alle Werte der p gelten, so müssen in dieser Entwicklung die Coefficienten der einzelnen Potenzen und Producte der $p_i - q_i$ verschwinden. Die Function $f((x))$ genügt daher einer Anzahl von Differentialgleichungen der Form

$$\sum_{\lambda=1}^{n} \sum_{\mu=1}^{n} c_{\lambda\mu} \frac{\partial f}{\partial x_\lambda} x_\mu = 0$$

wo die $c_{\lambda\mu}$ von den x und den p unabhängige Constante bedeuten.

Die Anzahl der Differentialgleichungen dieser Art, welche von einander unabhängig sind, muss jedenfalls kleiner als n sein. Für die vorliegende Untersuchung ist aber nicht sowohl die Anzahl der in diesem Sinne unabhängigen Diffe-

Digitized by Google

rentialgleichungen von Wichtigkeit, als vielmehr die Anzahl der „linear unabhängigen" d h. die Anzahl der Differentialgleichungen, zwischen deren Coefficienten keine Relation der Form

$$\alpha_1 c^1_{\lambda\mu} + \alpha_2 c^2_{\lambda\mu} + \alpha_3 c^3_{\lambda\mu} + \ldots = 0 \; (\lambda, \mu = 1, 2, \ldots n)$$

besteht.

Die Anzahl der linear unabhängigen Differentialgleichungen, denen eine Function genügt, muss offenbar kleiner sein als n^2, sie kann aber grösser sein als n. So genügt z. B. die quadratische Form

$$f((x)) = x_1^2 + x_2^2 + \ldots x_n^2$$

den $\frac{1}{2} n (n-1)$ Differentialgleichungen

$$x_i \frac{\partial f}{\partial x_k} - x_k \frac{\partial f}{\partial x_i} = 0 \; (k = 1, 2, 3, \ldots i-1; \; i = 2, 3, \ldots n)$$

Diese Differentialgleichungen sind allerdings nur den $n - 1$ unabhängigen Gleichungen

$$\frac{\partial f}{\partial x_1} : \frac{\partial f}{\partial x_2} : \frac{\partial f}{\partial x_3} \ldots : \frac{\partial f}{\partial x_n} = x_1 : x_2 : x_3 \ldots : x_n$$

äquivalent, aber in dem eben erläuterten Sinn, sind sie als linear unabhängig zu bezeichnen.

Die Differentialgleichungen (γ') lassen sich durch eine gewisse — vorläufig nicht näher zu bestimmende — Anzahl von linear unabhängigen Differentialgleichungen

$$(\gamma) \sum_{\lambda=1}^{n} \sum_{\mu=1}^{n} c^i_{\lambda\mu} \frac{\partial f}{\partial x_\lambda} x_\mu = 0 \; (i = 1, 2, \ldots m')$$

ersetzen, wo die $c^i_{\lambda\mu}$ Constante bedeuten.

Jede Function, welche diesen m' Differentialgleichungen genügt, genügt auch den Differentialgleichungen

Digitized by Google

$$\sum_{\lambda=1}^{n}\sum_{\mu=1}^{n}\sum_{\nu=1}^{n}\left(c_{\lambda\nu}^{i}\,c_{\nu\mu}^{k}-c_{\lambda\nu}^{k}\,c_{\nu\mu}^{i}\right)\frac{\partial f}{\partial x_\lambda}\,x_\mu=0\;(i,k=1,2,..m')$$

welche sich aus den Differentialgleichungen (γ) durch Differentiation und Elimination der höheren Derivirten ergeben. Wir dürfen voraussetzen, dass jede dieser letzteren Differentialgleichungen von den Gleichungen (γ) linear abhängig ist, dass also

$$(\varepsilon)\quad\sum_{\nu=1}^{n}\left(c_{\lambda\nu}^{i}\,c_{\nu\mu}^{k}-c_{\lambda\nu}^{k}\,c_{\nu\mu}^{i}\right)=\sum_{j=1}^{m'}\varepsilon_{j}^{ik}\,c_{\lambda\mu}^{j}\begin{pmatrix}\lambda,\mu=1,2,..n\\ i,k=1,2,..m'\end{pmatrix}$$

ist. Unter dieser Voraussetzung bilden die Differentialgleichungen (γ) ein „vollständiges System linear unabhängiger Differentialgleichungen“ oder nach der kürzeren Bezeichnungsweise des Herrn Lie eine „Gruppe“.[1])

Aus dem Verfahren, mittelst dessen wir zu den Differentialgleichungen (γ) gelangt sind, folgt unmittelbar, dass sich die Grössen $C_{\lambda\mu}^{i}$ darstellen lassen in der Form

$$(\pi)\quad C_{\lambda\mu}^{i}=\sum_{j=1}^{m'}P_{j}^{i}\,c_{\lambda\mu}^{j}\begin{pmatrix}\lambda,\mu=1,2,..n\\ i=1,2,..m\end{pmatrix}$$

wo die P_j^i Functionen der p sind.

Aus der ersten unserer Voraussetzungen über die Grössen $a_{\lambda\mu}$ ergeben sich gewisse Beschränkungen, denen die Functionen P_j^i unterliegen. Danach sollten m von den Grössen $a_{\lambda\mu}$ bei geeigneter Wahl der p vorgeschriebene Werte erhalten können. Man muss demnach durch geeignete Wahl der Differentiale $dp_1\;dp_2,\;..\;dp_m$ über m von den vollständigen Differentialen $da_{\lambda\mu}$ verfügen können.

1) Mathem. Annalen B. 25. S. 71.

Digitized by Google

Nun ergeben die Gleichungen (α) und (π) für die Differentiale die Werte

$$da_{\lambda\mu} = \sum_{\nu=1}^{n} \sum_{j=1}^{m'} \left\{ \sum_{i=1}^{m} P_j^i \, dp_i \right\} a_{\lambda\nu} \, c_{\nu\mu}^j \; (\lambda, \mu = 1, 2, \ldots n)$$

Es darf daher erstens m′ nicht kleiner sein als m und zweitens dürfen nicht alle aus m Verticalreihen des Systems

$$\begin{array}{ccccc} P_1^1 & P_2^1 & P_3^1 & \ldots . & P_{m'}^1 \\ P_1^2 & P_2^2 & P_3^2 & \ldots . & P_{m'}^2 \\ P_1^3 & P_2^3 & P_3^3 & \ldots . & P_{m'}^3 \\ \ldots & \ldots & \ldots & \ldots & \ldots \\ P_1^m & P_2^m & P_3^m & \ldots . & P_{m'}^m \end{array}$$

gebildeten Determinanten identisch, d. h. für alle Werte der p verschwinden. Wie man sich leicht überzeugt, sind diese Bedingungen nicht nur notwendig sondern auch hinreichend, damit m von den Differentialen $da_{\lambda\mu}$ vorgeschriebene Werte erhalten können.

Die Gleichungen (γ), (α) und (π) ersetzen die Gleichungen

$$\frac{\partial f((y))}{\partial p_i} = 0 \; (i = 1, 2, \ldots m)$$

vollständig. Diese Gleichungen, zusammen mit den für die $a_{\lambda\mu}$ geltenden Anfangsbedingungen

$$a_{\lambda\mu} = \binom{\lambda}{\mu} \text{ für } p_i = p_i' \; (\lambda, \mu = 1, 2, \ldots n; \; i = 1, 2, \ldots m)$$

drücken daher vollständig die Bedingungen aus, damit f durch die Substitution (A) in sich selbst transformirt wird.

Insbesondere gilt der Satz:

Genügt f der Differentialgleichung

$$\sum_{\lambda=1}^{n} \sum_{\mu=1}^{n} c_{\lambda\mu} \frac{\partial f}{\partial x_\lambda} x_\mu = 0$$

Digitized by Google

genügen ferner die Grössen $b_{\lambda\mu}$ den Differentialgleichungen

$$\frac{d\, b_{\lambda\mu}}{dp} = \sum_{\nu=1}^{n} b_{\lambda\nu}\, c_{\nu\mu} \quad (\lambda, \mu = 1, 2, \ldots n)$$

und den Anfangsbedingungen

$$b_{\lambda\mu} = \binom{\lambda}{\mu} \text{ für } p = p' \quad (\lambda, \mu = 1, 2, \ldots n)$$

so wird f durch die Substitution

$$(B)\quad y_\lambda = \sum_{\mu} b_{\lambda\mu}\, x_\mu \quad (\lambda = 1, 2, \ldots n)$$

in sich selbst transformirt.

Eine derartige Substitution B, deren Coefficienten nur von einem Parameter abhängen, nenne ich eine elementare.

Es wird sich zeigen, dass die Substitution A aus m elementaren Substitutionen zusammengesetzt werden kann.

III.

Integrabilitätsbedingungen für die Differentialgleichungen (α).

Die Functionen P_j^i sind der Natur der Sache nach nicht vollständig bestimmt, da sie von der Wahl des Parametersystems abhängen. Die Bedingungsgleichungen, denen sie genügen müssen, ergeben sich aus den Integrabilitätsbedingungen für die Gleichungen (α).

Durch Differentiation nach p_k ergibt sich aus (α):

$$\sum_{\nu=1}^{n} \frac{\partial a_{\lambda\nu}}{\partial p_k} C^i_{\nu\mu} + \sum_{\nu=1}^{n} a_{\lambda\nu} \frac{\partial C^i_{\nu\mu}}{\partial p_k} = \frac{\partial^2 a_{\lambda\mu}}{\partial p_l\, \partial p_k} \binom{\lambda, \mu = 1, 2, \ldots n}{i, k = 1, 2, \ldots m}$$

Digitized by Google

oder da

$$\frac{\partial a_{\lambda r}}{\partial p_k} = \sum_{\varrho=1}^{n} a_{\lambda\varrho} C^k_{\varrho r} \text{ ist}$$

$$\sum_{\nu=1}^{n} a_{\lambda\nu} \left\{ \sum_{\varrho=1}^{n} C^i_{\varrho\mu} C^k_{\nu\varrho} + \frac{\partial C^i_{\nu\mu}}{\partial p_k} \right\} = \frac{\partial^2 a_{\lambda\mu}}{\partial p_i \partial p_k}$$

Subtrahirt man von dieser Gleichung diejenige, welche sich aus ihr durch Vertauschung der Indices i und k ergibt, so folgt

$$\sum_{\nu=1}^{n} a_{\lambda\nu} \left\{ \sum_{\varrho=1}^{n} \left(C^k_{\nu\varrho} C^i_{\varrho\mu} - C^i_{\nu\varrho} C^k_{\varrho\mu} \right) + \frac{\partial C^i_{\nu\mu}}{\partial p_k} - \frac{\partial C^k_{\nu\mu}}{\partial p_i} \right\} = 0$$

Die Determinante der $a_{\lambda\mu}$ verschwindet nicht, also muss

$$\sum_{\varrho=1}^{n} \left(C^k_{\nu\varrho} C^i_{\varrho\mu} - C^i_{\nu\varrho} C^k_{\varrho\mu} \right) + \frac{\partial C^i_{\nu\mu}}{\partial p_k} - \frac{\partial C^k_{\nu\mu}}{\partial p_i} = 0$$

sein für $\nu, \mu = 1, 2, \ldots n$; $i, k = 1, 2, \ldots m$.

Nun ist nach (n)

$$C^i_{\nu\varrho} = \sum_{j=1}^{m'} P^i_j c^j_{\nu\varrho}$$

also

$$\sum_{\varrho=1}^{n} \left(C^k_{\nu\varrho} C^i_{\varrho\mu} - C^i_{\nu\varrho} C^k_{\varrho\mu} \right) = \sum_{\varrho=1}^{n} \begin{vmatrix} \sum_{h=1}^{m'} P^k_h c^h_{\nu\varrho} & \sum_{j=1}^{m'} P^i_j c^j_{\nu\varrho} \\ \sum_{h=1}^{m'} P^k_h c^h_{\varrho\mu} & \sum_{j=1}^{m'} P^i_j c^j_{\varrho\mu} \end{vmatrix}$$

$$= \tfrac{1}{2} \sum_{\varrho=1}^{n} \sum_{h=1}^{m'} \sum_{j=1}^{m'} \left(P^k_h P^i_j - P^k_j P^i_h \right) \left(c^h_{\nu\varrho} c^j_{\varrho\mu} - c^j_{\nu\varrho} c^h_{\varrho\mu} \right)$$

Ersetzt man in dieser Gleichung $\sum_{\varrho=1}^{n} \left(c^h_{\nu\varrho} c^j_{\varrho\mu} - c^j_{\nu\varrho} c^h_{\varrho\mu} \right)$

Digitized by Google

durch den aus (ε) folgenden Wert und beachtet, dass $\varepsilon_r^{hj} = -\varepsilon_r^{jh}$ ist, so folgt:

$$\sum_{\varrho=1}^{n} (C_{\nu\varrho}^{k} C_{\varrho\mu}^{i} - C_{\nu\varrho}^{i} C_{\varrho\mu}^{k}) = \sum_{h=1}^{m'} \sum_{j=1}^{m'} \sum_{r=1}^{m'} P_h^k P_j^i \varepsilon_r^{hj} c_{\nu\mu}^{r}$$

Diesen Wert führen wir in die oben gefundene Gleichung ein und ersetzen zugleich

$$\frac{\partial C_{\nu\mu}^{i}}{\partial p_k} - \frac{\partial C_{\nu\mu}^{k}}{\partial p_i} \text{ durch } \sum_{r=1}^{m'} \left(\frac{\partial P_r^i}{\partial p_k} - \frac{\partial P_r^k}{\partial p_i} \right) c_{\nu\mu}^{r}$$

Wir erhalten eine Gleichung der Form

$$\alpha_1 c_{\nu\mu}^{1} + \alpha_2 c_{\nu\mu}^{2} + \ldots \alpha_{m'} c_{\nu\mu}^{m'} = 0 \; (\nu, \mu = 1, 2, \ldots n)$$

Da die m′ Differentialgleichungen (γ) der Voraussetzung nach linear unabhängig sind, so folgt hieraus $\alpha_1 = 0$ $\alpha_2 = 0$ $\ldots$ $\alpha_{m'} = 0$.

Wir erhalten somit das System von partiellen Differentialgleichungen

$$(J) \quad \frac{\partial P_r^i}{\partial p_k} - \frac{\partial P_r^k}{\partial p_i} + \sum_{h=1}^{m'} \sum_{j=1}^{m'} \varepsilon_r^{hj} P_h^k P_j^i = 0$$

für $i, k = 1, 2, \ldots m$; $r = 1, 2, \ldots m'$.

Diese Gleichungen geben die notwendigen Bedingungen, damit das System der Differentialgleichungen (α) überhaupt ein Lösungssystem $a_{\lambda\mu}$ mit nicht verschwindender Determinante zulässt. Aber diese Bedingungen sind, wie Herr Bouquet nachgewiesen hat, auch hinreichend.[1])

Die Functionen P_j^i sind daher nur an die beiden Bedingungen gebunden, dass sie erstens den Gleichungen (J) genügen, und dass zweitens das durch sie bestimmte Deter-

1) Bulletin des Sciences mathématiques t. III. p. 265.

Digitized by Google

minantensystem nicht identisch verschwindet. Im übrigen können sie beliebig gewählt werden.

In den Gleichungen (J) kommen nur die Constanten ε_j^{ik}, aber nicht die Grössen $c_{\lambda\mu}^i$ selbst vor. Alle „gleichzusammengesetzten" Systeme von Differentialgleichungen der Form (γ), für welche die Constanten ε_j^{ik} dieselben Werte haben, führen daher zu demselben System von Differentialgleichungen (J), also zu denselben Functionen P_j^i.

Im Folgenden wird nachgewiesen werden, dass $m' = m$ ist, wenn die Function $f((x))$ durch keine Substitution mit mehr als m verfügbaren Coefficienten in sich selbst transformirt werden kann.

Setzen wir dies einstweilen voraus, so kann man die Gleichungen (J) in bemerkenswerter Weise umformen.

Da die Determinante der P_j^i nicht identisch verschwindet, so kann man m^2 Functionen der p durch die Gleichungen

$$\sum_{i=1}^{m} P_j^i Q_i^k = \binom{k}{j} \quad (j, k = 1, 2, \ldots m)$$

bestimmen. Multiplicirt man die Gleichung (J) mit $Q_i^s Q_t^i$ und addirt nach i, k, so folgt, da

$$\sum_{i=1}^{m} \frac{\partial P_r^i}{\partial p_k} Q_i^s = -\sum_{i=1}^{m} P_r^i \frac{\partial Q_i^s}{\partial p_k} \text{ und}$$

$$\sum_{k=1}^{m} \frac{\partial P_r^k}{\partial p_i} Q_k^t = -\sum_{k=1}^{m} P_r^k \frac{\partial Q_k^t}{\partial p_i} \text{ ist,}$$

$$-\sum_{i=1}^{m} P_r^i \left\{ \sum_{k=1}^{m} \left(Q_k^t \frac{\partial Q_i^s}{\partial p_k} - Q_k^s \frac{\partial Q_i^t}{\partial p_k} \right) \right\} + \varepsilon_r^{ts} = 0$$

und hieraus ergibt sich:

$$(J') \quad \sum_{k=1}^{m} \left(Q_k^t \frac{\partial Q_r^s}{\partial p_k} - Q_k^s \frac{\partial Q_r^t}{\partial p_k} \right) = \sum_{j=1}^{m} \varepsilon_j^{ts} Q_r^j$$

für r, s, t = 1, 2, . . m.

Digitized by Google

Diese Gleichungen geben zusammen mit den Gleichungen (ε) die notwendigen und ausreichenden Bedingungen, damit die Differentialgleichungen

$$(\Gamma)\quad \sum_{k=1}^{m} Q_k^i \frac{\partial F}{\partial p_k} - \sum_{\lambda=1}^{n}\sum_{\mu=1}^{n} c_{\lambda\mu}^i \frac{\partial F}{\partial x_\lambda} x_\mu = 0 \quad (i = 1, 2, .. m)$$

ein „vollständiges System" bilden, also n von einander unabhängige Lösungen zulassen.[1])

Diesen Gleichungen (Γ) genügen die n Functionen der x und p

$$y_\nu = \sum_\mu a_{\nu\mu} x_\mu \quad (\nu = 1, 2, .. n)$$

Ersetzt man nämlich in den Gleichungen (Γ) F durch y_ν und beachtet, dass die so entstehenden Gleichungen in den x identisch sein müssen, so folgt aus denselben

$$(\alpha')\quad \sum_{k=1}^{m} Q_k^i \frac{\partial a_{\nu\mu}}{\partial p_k} = \sum_{\lambda=1}^{n} a_{\lambda\mu} c_{\lambda\mu}^i \quad \begin{pmatrix} \nu, \mu = 1, 2, .. n \\ i = 1, 2, .. m \end{pmatrix}$$

Aber diese Gleichungen sind nur eine Umformung der Gleichungen (α).

Die Gleichungen (Γ) bringen zum Ausdruck, dass jede Lösung der $m' = m$ Differentialgleichungen (γ) eine Function von $y_1\ y_2 \ldots y_n$ sein muss, welche nur von den Werten der x aber nicht von den Werten der p abhängt.

IV.

Ueber die Coefficienten der Differentialgleichungen (γ).

Bei der Ableitung der Gleichungen (γ) haben wir nicht zum Ausdruck gebracht, dass f((x)) rationale Function

1) Den Beweis dieses Satzes hat Clebsch gegeben. (Crelles Journal B. 65.)

Digitized by Google

der Argumente ist. Es ist daher noch zu untersuchen, welche Bedingungen für die Coefficienten $c^{i}_{\lambda\mu}$ sich aus dieser Eigenschaft von f ergeben. Zu diesem Zweck gehen wir von dem am Schlusse des zweiten Abschnittes bewiesenen Satz aus:

Genügt $f((x))$ der partiellen Differentialgleichung

$$(1) \quad \sum_{\lambda=1}^{n} \sum_{\mu=1}^{n} c_{\lambda\mu} \frac{\partial f}{\partial x_\lambda} x_\mu = 0$$

und werden die Substitutionscoefficienten $b_{\lambda\mu}$ durch die Differentialgleichungen

$$(2) \quad \frac{db_{\lambda\mu}}{dp} = \sum_{\nu=1}^{n} b_{\lambda\nu} c_{\nu\mu} \quad (\lambda, \mu = 1, 2, \ldots n)$$

und die Anfangsbedingungen

$$b_{\lambda\mu} = \binom{\lambda}{\mu} \text{ für } p = 0$$

bestimmt, so wird f durch die elementare Substitution

$$y_\lambda = \sum_{\mu} b_{\lambda\mu} x_\mu \quad (\lambda = 1, 2, \ldots n)$$

in sich selbst transformirt.

Die Integration der Differentialgleichungen (2) lässt sich mit Hülfe eines Satzes, den ich in meiner Inauguraldissertation bewiesen habe, leicht ausführen.

Dieser Satz lautet:

Hat die „Fundamentaldeterminante" der $c_{\lambda\mu}$

$$\begin{vmatrix} c_{11}-r & c_{12} & c_{13} & \ldots & c_{1n} \\ c_{21} & c_{22}-r & c_{23} & \ldots & c_{2n} \\ c_{31} & c_{32} & c_{33}-r & \ldots & c_{3n} \\ \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot \\ c_{n1} & c_{n2} & c_{n3} & \ldots & c_{nn}-r \end{vmatrix}$$

Digitized by Google

die Elementarteiler[1])

$$(r_\varkappa - r)^{e_0^\varkappa}\ (r_\varkappa - r)^{e_1^\varkappa}\ \ldots\ (r_\varkappa - r)^{e_{l_\varkappa}^\varkappa}\quad (\varkappa = 1, 2, \ldots n')$$

so lassen sich n^2 Grössen $[g\ h\ \lambda]_\varkappa$ mit nicht verschwindender Determinante der Art bestimmen, dass

$$(3)\qquad \begin{aligned} r_\varkappa [g\ h\ \lambda]_\varkappa + [g-1\ h\ \lambda]_\varkappa &= \sum_{\mu=1}^{n} c_{\lambda\mu} [g\ h\ \mu]_\varkappa \\ r_\varkappa [1\ h\ \lambda]_\varkappa &= \sum_{\mu=1}^{n} c_{\lambda\mu} [1\ h\ \mu]_\varkappa \text{ ist} \end{aligned}$$

für $\lambda = 1, 2, \ldots n$; $g = 2, 3, \ldots e_h^\varkappa$; $h = 0, 1, 2, \ldots l_\varkappa$; $\varkappa = 1, 2, \ldots n'$.

Die Substitutionscoefficienten $b_{\lambda\mu}$ lassen sich in zwei Fällen als rationale Functionen eines Parameters darstellen; nämlich dann, wenn entweder die Fundamentaldeterminante der $c_{\lambda\mu}$ gleich r^n ist, oder wenn sie nur Elementarteiler erster Ordnung hat und wenn ausserdem die Werte $r_1\ r_2 \ldots r_{n'}$, für welche sie verschwindet, ganze Zahlen sind.

Je nachdem der erste oder der zweite von diesen Fällen, oder keiner von beiden eintritt, nenne ich das Coefficientensystem der $c_{\lambda\mu}$ ein System erster, zweiter oder dritter Art. Diese Bezeichnung übertrage ich auch auf die entsprechenden Differentialgleichungen und elementaren Substitutionen.

Nehmen wir zunächst an, das System der $c_{\lambda\mu}$ sei von der ersten Art.

In diesem Fall ist in den Gleichungen (3) $n' = 1$ und $r_1 = 0$ zu setzen. Diese Gleichungen erhalten also die Form

1) Den Begriff der Elementarteiler hat H. Weierstrass eingeführt (Monatsberichte der Berliner Akademie 1868).

Digitized by Google

$$\sum_{\mu} c_{\lambda\mu}[1\ h\ \mu] = 0 \qquad \lambda = 1, 2, \ldots n$$
$$\sum_{\mu} c_{\lambda\mu}[g\ h\ \mu] = [g-1\ h\ \lambda]. \qquad \begin{matrix} g = 1, 2, \ldots e_h \\ h = 0, 1, 2, \ldots l \end{matrix}$$

Die Differentialgleichungen (2) lassen sich nun durch die folgenden ersetzen:

$$\frac{d}{dp}\sum_{\mu} b_{\lambda\mu}[1\ h\ \mu] = 0$$

$$\frac{d}{dp}\sum_{\mu} b_{\lambda\mu}[g\ h\ \mu] = \sum_{\mu} b_{\lambda\mu}[g-1\ h\ \mu]$$

wo die Indices g, h, λ die eben angegebenen Wertsysteme zu durchlaufen haben.

Mit Rücksicht auf die Anfangsbedingungen $b_{\lambda\mu} = \binom{\lambda}{\mu}$ für $p = 0$ folgt aus diesen Gleichungen:

$$\sum_{\mu} b_{\lambda\mu}[1\ h\ \mu] = [1\ h\ \lambda]$$

$$\sum_{\mu} b_{\lambda\mu}[g\ h\ \mu] = [g\ h\ \lambda] + \frac{p}{1}[g-1\ h\ \lambda] + \frac{p^2}{1\cdot 2}[g-2\ h\ \lambda]$$
$$+ \frac{p^3}{1\cdot 2\cdot 3}[g-3\ h\ \lambda] + \ldots\ldots \frac{p^{g-1}}{1\cdot 2\cdot\cdot(g-1)}[1\ h\ \lambda]$$

Aus diesen Gleichungen ergeben sich die $b_{\lambda\mu}$ als ganze Functionen von p. Die Determinante der $b_{\lambda\mu}$ ist gleich 1.

Nehmen wir nun an, das System der $c_{\lambda\mu}$ sei von der zweiten Art. In diesem Fall ist in den Gleichungen (3) für den Index g nur der Wert $g = 1$ zulässig. Dieselben erhalten, wenn man $[h\ \lambda]_{\varkappa}$ statt $[1\ h\ \lambda]_{\varkappa}$ schreibt, die Form

$$\sum_{\mu} c_{\lambda\mu}[h\ \mu]_{\varkappa} = [h\ \lambda]_{\varkappa} \quad \begin{pmatrix} \lambda = 1, 2, \ldots n \\ h = 0, 1, 2, \ldots l_{\varkappa};\ \varkappa = 1, 2, \ldots n' \end{pmatrix}$$

Digitized by Google

und die Differentialgleichungen (2) lassen sich durch folgende ersetzen:

$$\frac{d}{dp} \sum_{\mu} b_{\lambda\mu} [h\,\mu]_{\varkappa} = r_{\varkappa} \sum_{\mu} b_{\lambda\mu} [h\,\mu]_{\varkappa}$$

Die Integration dieser Gleichungen gibt mit Rücksicht auf die Anfangsbedingungen

$$\sum_{\mu} b_{\lambda\mu} [h\,\mu]_{\varkappa} = e^{r_{\varkappa} p} [h\,\lambda]_{\varkappa}$$

Führt man an Stelle des Parameters p den Parameter $q = e^{p}$ ein, so werden auch in diesem Fall die Substitutionscoefficienten rationale Functionen des Parameters, da ja der Voraussetzung nach die Grössen $r_{\varkappa}$ ganze Zahlen sind. Die Substitutionsdeterminante ist gleich 1 oder gleich einer ganzen Potenz von q.

Von dem eben behandelten nicht wesentlich verschieden ist der Fall, dass die Fundamentaldeterminante der $c_{\lambda\mu}$ nur Elementarteiler erster Ordnung hat, und dass zwar nicht die Grössen $r_1\ r_2 \ldots$ selbst ganze Zahlen sind, aber wenigstens ihre Verhältnisse sich durch ganze Zahlen ausdrücken lassen. Ist nämlich $r_{\varkappa} = \varrho\, r_{\varkappa}'$ $(\varkappa = 1, 2, \ldots n')$, wo $n_{\varkappa}'$ eine ganze Zahl bedeutet, so hat man nur an Stelle des Parameters p den Parameter $q' = e^{\varrho p} = q^{\varrho}$ einzuführen, um die $b_{\lambda\mu}$ als rationale Functionen eines Parameters darzustellen.

Auf die beiden eben erledigten Fälle lässt sich die Integration der Differentialgleichungen (2) auch in dem Fall zurückführen, dass das Coefficientensystem der $c_{\lambda\mu}$ ein System dritter Art ist. Zu diesem Zwecke zeige ich zunächst, dass sich stets ein System erster Art $c^{0}_{\lambda\mu}$ und eine gewisse Anzahl β von Systemen zweiter Art $c^{1}_{\lambda\mu}\ c^{2}_{\lambda\mu} \ldots$ so bestimmen

Digitized by Google

lassen, dass $c_{\lambda\mu} = c^0_{\lambda\mu} + \varrho_1 c^1_{\lambda\mu} + \varrho_2 c^2_{\lambda\mu} + \ldots \varrho_\beta c^\beta_{\lambda\mu}$ ist, für $\lambda, \mu = 1, 2, \ldots n$.

Bestimmt man nämlich die Grössen $c^0_{\lambda\mu}$ und $k_{\lambda\mu}$ durch die beiden Gleichungssysteme

$$\sum_\mu c^0_{\lambda\mu} [1\ h\ \mu]_\varkappa = 0$$

$$\sum_\mu c^0_{\lambda\mu} [g\ h\ \mu]_\varkappa = [g-1\ h\ \lambda]_\varkappa \tag{4}$$

und

$$\sum_\mu k_{\lambda\mu} [g\ h\ \mu]_\varkappa = r_\varkappa [g\ h\ \lambda]_\varkappa$$

wo die Indices λ, g, h, $\varkappa$ die unter (3) angegebenen Werte zu durchlaufen haben, so ist offenbar

$$c_{\lambda\mu} = c^0_{\lambda\mu} + k_{\lambda\mu} \ (\lambda, \mu = 1, 2, \ldots n).$$

Die $c^0_{\lambda\mu}$ bilden ein System erster Art. Sind die Grössen $r_1\ r_2 \ldots r_{n'}$ alle ganze Zahlen, so bilden die $k_{\lambda\mu}$ ein System zweiter Art und die Aufgabe ist gelöst. Ist dies nicht der Fall, so lassen sich die Grössen $r_1\ r_2 \ldots r_{n'}$ als lineare homogene Functionen einer Anzahl Grössen $\varrho_1\ \varrho_2 \ldots \varrho_\beta$, von denen höchstens e i n e eine rationale Zahl ist, mit ganzzahligen Coefficienten darstellen.

Man kann also

$$r_\varkappa = r^1_\varkappa \varrho_1 + r^2_\varkappa \varrho_2 \ldots + r^\beta_\varkappa \varrho_\beta \ (\varkappa = 1, 2, \ldots n')$$

setzen und hier bedeuten die $r^i_\varkappa$ ganze Zahlen, die ϱ_i Grössen, zwischen denen keine Relation der Form

$$\alpha_1 \varrho_1 + \alpha_2 \varrho_2 \ldots + \alpha_\beta \varrho_\beta = 0$$

mit ganzzahligen Coefficienten α_i stattfindet.

Digitized by Google

Ich bestimme nun die Grössen $c^i_{\lambda\mu}$ durch die Gleichungen

$$\sum_{\mu} c^i_{\lambda\mu} [g\ h\ \mu]_\varkappa = r^i_\varkappa [g\ h\ \lambda]_\varkappa$$

wo für die Indices λ, g, h, $\varkappa$ die unter (3) angegebenen Werte und für i die Zahlen 1, 2, .. β zu setzen sind.

Die Coefficientensysteme $c^i_{\lambda\mu}$ sind offenbar Systeme zweiter Art und sie genügen den Gleichungen

$$\varrho_1 c^1_{\lambda\mu} + \varrho_2 c^2_{\lambda\mu} \ldots + \varrho_\beta c^\beta_{\lambda\mu} = k_{\lambda\mu} = c_{\lambda\mu} - c^0_{\lambda\mu} (\lambda, \mu = 1,2,..n)$$

Die Differentialgleichungen (2) lassen sich nun durch ein System von Differentialgleichungen derselben Form ersetzen, in denen an Stelle der Grössen $c_{\lambda\mu}$ die Grössen $c^0_{\lambda\mu}$ $c^1_{\lambda\mu}$ .. $c^\beta_{\lambda\mu}$ treten.

Ersetzt man in (2) $c_{\lambda\mu}$ durch $c^0_{\lambda\mu} + k_{\lambda\mu}$ und gleichzeitig $b_{\lambda\mu}$ durch $\sum_{\nu=1}^{n} b^0_{\lambda\nu} t_{\nu\mu}$, wo $b^0_{\lambda\mu}$ und $t_{\lambda\mu}$ noch näher zu bestimmende Functionen von p bedeuten, so gehen diese Gleichungen über in:

$$\sum_{\nu=1}^{n} \left\{ \frac{d\, b^0_{\lambda\nu}}{dp} - \sum_{\varkappa=1}^{n} b^0_{\lambda\varkappa} c^0_{\varkappa\nu} \right\} t_{\nu\mu} + \sum_{\nu=1}^{n} \left\{ \frac{d\, t_{\nu\mu}}{dp} - \sum_{\varkappa=1}^{n} t_{\nu\varkappa} k_{\varkappa\mu} \right\} b^0_{\lambda\nu}$$

$$+ \sum_{\varkappa=1}^{n} b^0_{\lambda\varkappa} \left\{ \sum_{\nu=1}^{n} (c^0_{\varkappa\nu} t_{\nu\mu} - t_{\varkappa\nu} c^0_{\nu\mu}) \right\} = 0.$$

Ich behaupte, dieses Gleichungssystem lässt sich durch die beiden folgenden ersetzen:

$$\frac{d\, b^0_{\lambda\mu}}{dp} = \sum_{\varkappa} b^0_{\lambda\varkappa} c^0_{\varkappa\mu} \quad \text{und} \quad \frac{d\, t_{\lambda\mu}}{dp} = \sum_{\varkappa} t_{\lambda\varkappa} k_{\varkappa\mu}$$

Digitized by Google

mit den Anfangsbedingungen

$$b^0_{\lambda\mu} = \binom{\lambda}{\mu} \quad t_{\lambda\mu} = \binom{\lambda}{\mu} \text{ für } p = 0 \ (\lambda, \mu = 1, 2, \ldots n)$$

Zum Beweise hat man nur zu zeigen, dass, wenn man die $t_{\lambda\mu}$ durch das zweite dieser Gleichungssysteme bestimmt,

$$s_{\lambda\mu} = \sum_{\nu} (c^0_{\lambda\nu} t_{\nu\mu} - t_{\lambda\nu} c^0_{\nu\mu}) = 0 \text{ ist für } \lambda, \mu = 1, 2, \ldots n$$

Nun ergeben aber diese Differentialgleichungen mit Rücksicht auf (4)

$$\sum_{\mu} t_{\lambda\mu} [g\ h\ \mu]_{\varkappa} = e^{r_{\varkappa} p} [g\ h\ \lambda]_{\varkappa}$$

Aus dieser Gleichung und aus (4) folgt

$$\sum_{\mu} s_{\lambda\mu} [g\ h\ \mu]_{\varkappa} = 0$$

für alle unter (3) angegebenen Werte der Indices $\lambda, g, h, \varkappa$.

Da die Determinante der $[g\ h\ \mu]_{\varkappa}$ nicht verschwindet, hat dies zur Folge, dass $s_{\lambda\mu} = 0$ ist, für $\lambda, \mu = 1, 2 \ldots n$.

Indem man der Reihe nach

$$t_{\lambda\mu} = \sum_{\nu} b^1_{\lambda\nu} t^1_{\nu\mu} \quad t^1_{\lambda\mu} = \sum_{\nu} b^2_{\lambda\nu} t^2_{\nu\mu} \text{ u. s. w. } (\lambda, \mu = 1, 2, \ldots n)$$

setzt, überzeugt man sich, dass sich die Differentialgleichungen (2) mit den Anfangsbedingungen $b_{\lambda\mu} = \binom{\lambda}{\mu}$ für $p = 0$ ersetzen lassen durch die folgenden:

Digitized by Google

$$\frac{d\, b^0_{\lambda\mu}}{dp} = \sum_\nu b^0_{\lambda\nu}\, c^0_{\nu\mu}$$

$$\frac{d\, b^1_{\lambda\mu}}{dp} = \sum_\nu b^1_{\lambda\nu}\, c^1_{\nu\mu}$$

$$\frac{d\, b^2_{\lambda\mu}}{dp} = \sum_\nu b^2_{\lambda\nu}\, c^2_{\nu\mu} \qquad \lambda, \mu = 1, 2, \ldots n$$

. . . . . .

$$\frac{d\, b^\beta_{\lambda\mu}}{dp} = \sum_\nu b^\beta_{\lambda\nu}\, c^\beta_{\nu\mu}$$

mit den Anfangsbedingungen

$$b^i_{\lambda\mu} = \binom{\lambda}{\mu} \text{ für } p = 0 \quad (i = 0, 1, 2, \ldots \beta)$$

Durch Integration dieser Differentialgleichungen erhält man die $b^0_{\lambda\mu}$ als ganze Functionen von p, und die $b^i_{\lambda\mu}$ als rationale Functionen von $q_i = e^{\varrho_i p}$ $(i = 1, 2, \ldots \beta)$.

Die Substitutionscoefficienten $b_{\lambda\mu}$ sind ganze Functionen der $b^0_{\lambda\mu}$ $b^1_{\lambda\mu} \ldots b^\beta_{\lambda\mu}$ also rationale Functionen von p, q_1, q_2 . . q_β. Nun sollte die Gleichung $f((y)) = f((x))$, wenn man in derselben $y_\lambda = \sum_\mu b_{\lambda\mu}\, x_\mu$ setzt, für alle Werte der x und für alle Werte von p bestehen. Da aber infolge der über die Grössen ϱ_i gemachten Voraussetzung zwischen p und den transcendenten Functionen $q_1\, q_2 \ldots q_\beta$ von p keine algebraische Beziehung bestehen kann, so muss die Gleichung $f((y)) = f((x))$ auch dann noch erfüllt sein, wenn man die Grössen $q_1\, q_2 \ldots q_\beta$ als unabhängig variabel betrachtet. f wird also durch jede der Substitutionen

Digitized by Google

$$y_\lambda = \sum_\mu b^i_{\lambda\mu} x_\mu \ (i = 0, 1, 2, .. \beta)$$

in sich selbst transformirt und genügt folglich den $\beta + 1$ Differentialgleichungen

$$\sum_\lambda \sum_\mu c^i_{\lambda\mu} \frac{\partial f}{\partial x_\lambda} x_\mu = 0 \ (i = 0, 1, 2, \ldots \beta)$$

Wir haben also den Satz:

Genügt eine rationale und homogene Function $f((x))$ den m partiellen Differentialgleichungen

$$\sum_\lambda \sum_\mu c^i_{\lambda\mu} \frac{\partial f}{\partial x_\lambda} x_\mu = 0 \ (i = 1, 2, .. m)$$

aber keiner weiteren, von diesen linear unabhängigen derselben Form, so kann man, indem man nötigen Falls diese Gleichungen durch lineare Combinationen derselben ersetzt, stets bewirken, dass die Fundamentaldeterminante jedes der Coefficientensysteme $c^i_{\lambda\mu}$ entweder durch r^n teilbar ist, oder nur Elementarteiler erster Ordnung besitzt und nur für ganzzahlige Werte von r verschwindet.

V.

Integration der Differentialgleichungen (α).

Der bisherigen Untersuchung lag die Annahme zu Grund, dass die Function f durch eine lineare Substitution mit m verfügbaren Coefficienten in sich selbst transformirt werde. Es ergab sich, dass f einer gewissen Anzahl von linear unabhängigen Differentialgleichungen der Form

$$\sum_\lambda \sum_\mu c_{\lambda\mu} \frac{\partial f}{\partial x_\lambda} x_\mu = 0$$

Digitized by Google

genügen muss. Von der Zahl m' dieser Differentialgleichungen konnten wir nur nachweisen, dass sie nicht kleiner als m sein kann.

Wir nehmen nunmehr an, die homogene Function f genüge den m linear unabhängigen Differentialgleichungen

$$(\gamma) \quad \sum_{\lambda} \sum_{\mu} c^{i}_{\lambda\mu} \frac{\partial f}{\partial x_\lambda} x_\mu = 0 \quad (i = 1, 2, .. m)$$

aber keiner weiteren von diesen linear unabhängigen derselben Form. Die Annahme, diese Differentialgleichungen seien linear unabhängig, schliesst nicht aus, dass eine Anzahl dieser Differentialgleichungen eine Folge der übrigen sein kann.

Wir setzen ausserdem voraus, jedes der Coefficientensysteme $c^{i}_{\lambda\mu}$ sei von der ersten oder von der zweiten Art.

Diese Coefficienten $c^{i}_{\lambda\mu}$ genügen einem Gleichungssystem der Form:

$$(\varepsilon) \quad \sum_{\nu=1}^{n} (c^{i}_{\lambda\nu} c^{k}_{\nu\mu} - c^{i}_{\nu\mu} c^{k}_{\lambda\nu}) = \sum_{\gamma=1}^{m} \varepsilon^{ik}_{\gamma} c^{\gamma}_{\lambda\mu}$$
$$(\lambda, \mu = 1, 2, .. n; \; i, k = 1, 2, .. m)$$

Es lassen sich nun sofort m elementare Substitutionen B_i angeben, welche f in sich selbst transformiren.

Bilden die $c^{i}_{\lambda\mu}$ ein System erster Art, so bestimme ich die Substitutionscoefficienten $b^{i}_{\lambda\mu}$ durch die Differentialgleichungen

$$\frac{d b^{i}_{\lambda\mu}}{d p_i} = \sum_{\nu=1}^{n} b^{i}_{\lambda\nu} c^{i}_{\nu\mu} \quad (\lambda, \mu = 1, 2, .. n)$$

und die Anfangswerte $b^{i}_{\lambda\mu} = \binom{\lambda}{\mu}$ für $p_i = 0$. Bilden die $c^{i}_{\lambda\mu}$ ein System der zweiten Art, so ist in den vorstehenden Gleichungen p_i durch $\log p_i$ zu ersetzen.

Digitized by Google

Je nachdem der eine oder der andere Fall eintritt nenne ich p_i einen Parameter erster oder zweiter Art und den Wert $p_i = 0$ beziehungsweise $p_i = 1$ seinen Anfangswert.

Die Function f wird nun durch jede der Substitutionen

$$\begin{aligned}
B_1 \quad & y_\lambda = \sum_\mu b^1_{\lambda\mu}\ y^1_\mu \\
B_2 \quad & y^1_\lambda = \sum_\mu b^2_{\lambda\mu}\ y^2_\mu \\
B_3 \quad & y^2_\lambda = \sum_\mu b^3_{\lambda\mu}\ y^3_\mu \qquad \lambda = 1, 2, \ldots n \\
& \ldots\ldots \\
B_{m-1} \quad & y^{m-2}_\lambda = \sum_\mu b^{m-1}_{\lambda\mu}\ y^{m-1}_\mu \\
B_m \quad & y^{m-1}_\lambda = \sum_\mu b^m_{\lambda\mu}\ x_\mu
\end{aligned}$$

folglich auch durch die aus diesen Substitutionen zusammengesetzte Substitution

$$(A) \quad y_\lambda = \sum_\mu a_{\lambda\mu}\, x_\mu$$

in sich selbst transformirt.

Die Substitutionscoefficienten $a_{\lambda\mu}$ sind ganze Functionen der Parameter erster Art und wenigstens rationale Functionen der Parameter zweiter Art. Unstetig können sie nur werden, wenn einer der Parameter zweiter Art verschwindet oder für unendlich grosse Werte der Parameter. Den Anfangswerten der Parameter entsprechen die Werte $a_{\lambda\mu} = \binom{\lambda}{\mu}$.

Die Determinante der $a_{\lambda\mu}$ ist gleich dem Producte der Determinanten der elementaren Substitutionen B_i, also gleich einem Producte aus ganzen Potenzen der Parameter zweiter Art, da die Determinante einer elementaren Substitution erster

Digitized by Google

Art gleich 1 und die Determinante einer elementaren Substitution zweiter Art gleich einer ganzen Potenz des entsprechenden Parameters ist.

Man kann auf dem im zweiten Abschnitt eingeschlagenen Wege beweisen, dass die Substitutionscoefficienten $a_{\lambda\mu}$ einem System von Differentialgleichungen der Form

$$(\alpha)\quad \frac{\partial a_{\lambda\mu}}{\partial p_i} = \sum_{\nu} a_{\lambda\nu}\, C^i_{\nu\mu}\ (\lambda, \mu = 1, 2, \ldots n;\ i = 1, 2, \ldots m)$$

genügen, wo

$$(\pi)\quad C^i_{\lambda\mu} = \sum_{j=1}^{m} P^i_j\, c^j_{\lambda\mu}$$

ist und die Grössen P^i_j rationale Functionen der Parameter p sind. Ich will jedoch im folgenden für diese Gleichungen einen Beweis erbringen, der sich nur auf die Definition der Substitution A durch die elementaren Substitutionen B_i und auf die durch die Gleichungen (ε) ausgedrückten Eigenschaften der Coefficienten $c^i_{\lambda\mu}$ stützt.

Dieser Beweis beruht auf folgendem Hülfssatz:

Die n^2 durch die Gleichungen

$$\sum_{\nu} c^h_{\lambda\nu}\, b^i_{\nu\mu} = \sum_{\nu} b^i_{\lambda\nu}\, q_{\nu\mu}\ (\lambda, \mu = 1, 2, \ldots n)$$

definirten rationalen Functionen $q_{\lambda\mu}$ von p_i lassen sich darstellen in der Form

$$q_{\lambda\mu} = s_1\, c^1_{\lambda\mu} + s_2\, c^2_{\lambda\mu} \ldots + s_m\, c^m_{\lambda\mu}\ (\lambda, \mu = 1, 2, \ldots n)$$

wo $s_1\ s_2 \ldots s_m$ rationale Functionen von p_i sind.

Beim Beweise ist zu unterscheiden, ob die elementare Substitution B_i erster oder zweiter Art ist. Im ersteren Fall lässt sich $q_{\lambda\mu}$ nach dem Maclaurin'schen Satze entwickeln.

Für $p_i = 0$ ist $b^i_{\lambda\mu} = \binom{\lambda}{\mu}$ also $q_{\lambda\mu} = c^h_{\lambda\mu}$.

Digitized by Google

Zur Berechnung der Differentialquotienten von $q_{\lambda\mu}$ erhält man zunächst die Gleichung

$$\sum_{\nu}\left(c^{h}_{\lambda\nu}\frac{d\,b^{i}_{\nu\mu}}{d\,p_i}-\frac{d\,b^{i}_{\lambda\nu}}{d\,p_i}q_{\nu\mu}\right)-\sum_{\nu}b^{i}_{\lambda\nu}\frac{d\,q_{\nu\mu}}{d\,p_i}=0\ (\lambda,\mu=1,2,\ldots n)$$

Nun ist $\dfrac{d\,b^{i}_{\nu\mu}}{d\,p_i}=\sum_{\varkappa}b^{i}_{\nu\varkappa}\,c^{i}_{\varkappa\mu}$ folglich

$$\sum_{\nu}c^{h}_{\lambda\nu}\frac{d\,b^{i}_{\nu\mu}}{d\,p_i}=\sum_{\varkappa}\left\{\sum_{\nu}c^{h}_{\lambda\nu}\,b^{i}_{\nu\varkappa}\right\}c^{i}_{\varkappa\mu}=\sum_{\varkappa}\left\{\sum_{\nu}b^{i}_{\lambda\nu}\,q_{\nu\varkappa}\right\}c^{i}_{\varkappa\mu}$$

Nach Substitution dieser Werte erhalten die obigen Gleichungen die Form

$$\sum_{\nu}b^{i}_{\lambda\nu}\left\{\sum_{\varkappa}(q_{\nu\varkappa}\,c^{i}_{\varkappa\mu}-c^{i}_{\nu\varkappa}\,q_{\varkappa\mu})-\frac{d\,q_{\nu\mu}}{d\,p_i}\right\}=0\ (\lambda,\mu=1,2,\ldots n)$$

Da die Determinante der $b^{i}_{\lambda\mu}$ nicht verschwindet, so folgt aus diesen Gleichungen

$$\frac{d\,q_{\nu\mu}}{d\,p_i}=\sum_{\varkappa}(q_{\nu\varkappa}\,c^{i}_{\varkappa\mu}-c^{i}_{\nu\varkappa}\,q_{\varkappa\mu})\ (\nu,\mu=1,2,\ldots n)$$

Für $p_i=0$ wird

$$\left(\frac{d\,q_{\nu\mu}}{d\,p_i}\right)_{p_i=0}=\sum_{\varkappa}(c^{h}_{\nu\varkappa}\,c^{i}_{\varkappa\mu}-c^{i}_{\nu\varkappa}\,c^{h}_{\varkappa\mu})=\sum_{j=1}^{m}\varepsilon_j^{\,hi}\,c^{j}_{\nu\mu}$$

Die Gleichung

$$\frac{d^2q_{\nu\mu}}{d\,p_i^{\,2}}=\sum_{\varkappa}\left(\frac{d\,q_{\nu\varkappa}}{d\,p_i}c^{i}_{\varkappa\mu}-c^{i}_{\nu\varkappa}\frac{d\,q_{\varkappa\mu}}{d\,p_i}\right)$$

zeigt, dass sich auch $\left(\dfrac{d^2q_{\nu\mu}}{d\,p_i^{\,2}}\right)_{p_i=0}$ als lineare und homo-

Digitized by Google

gene Function von $c^1_{\nu\mu}\, c^2_{\nu\mu} \ldots c^m_{\nu\mu}$ darstellen lässt, und dasselbe gilt für alle höheren Differentialquotienten. Daraus folgt, dass sich $q_{\nu\mu}$ in der Form

$$q_{\nu\mu} = s_1\, c^1_{\nu\mu} + s_2\, c^2_{\nu\mu} \ldots + s_m\, c^m_{\nu\mu} \quad (\nu, \mu = 1, 2, \ldots n)$$

darstellen lässt, wo $s_1\, s_2 \ldots s_m$ Functionen von p_i sind.

Da die Coefficientensysteme $c^1_{\lambda\mu}\, c^2_{\lambda\mu} \ldots c^m_{\lambda\mu}$ linear unabhängig sind, so sind die Functionen s vollkommen bestimmt; sie sind rationale Functionen der $q_{\lambda\mu}$, also auch rationale Functionen von p_i.

Ist die elementare Substitution B_i von der zweiten Art, so hat man $q_{\lambda\mu}$ nicht nach Potenzen von p_i, sondern nach Potenzen von $p_i - 1$ zu entwickeln; im übrigen ist der Beweis ganz analog zu führen.

Durch wiederholte Anwendung des eben bewiesenen Satzes gelangt man leicht zu der folgenden Verallgemeinerung:

Bestimmt man n^2 Grössen $q_{\lambda\mu}$ durch die Gleichungen

$$\sum_\nu c^h_{\lambda\nu}\, b^i_{\nu\mu} = \sum_\nu b^i_{\lambda\nu}\, q_{\nu\mu}$$

hierauf n^2 Grössen $q'_{\lambda\mu}$ durch die Gleichungen

$$\sum_\nu q_{\lambda\nu}\, b^j_{\nu\mu} = \sum_\nu b^j_{\lambda\nu}\, q'_{\nu\mu}$$

hierauf n^2 Grössen $q''_{\lambda\mu}$ durch die Gleichungen

$$\sum_\nu q'_{\lambda\nu}\, b^k_{\nu\mu} = \sum_\nu b^k_{\lambda\nu}\, q''_{\lambda\mu}$$

u. s. w.

so lassen sich die Grössen $q_{\lambda\mu}\; q'_{\lambda\mu}\; q''_{\lambda\mu} \ldots$ darstellen in der Form

Digitized by Google

$$q_{\lambda\mu} = s_1 c^1_{\lambda\mu} + s_2 c^2_{\lambda\mu} \ldots + s_m c^m_{\lambda\mu}$$
$$q'_{\lambda\mu} = s'_1 c^1_{\lambda\mu} + s'_2 c^2_{\lambda\mu} \ldots + s'_m c^m_{\lambda\mu} \qquad \lambda, \mu = 1, 2, \ldots n$$
$$q''_{\lambda\mu} = s''_1 c^1_{\lambda\mu} + s''_2 c^2_{\lambda\mu} \ldots + s''_m c^m_{\lambda\mu}$$

u. s. w.

und hier sind die Grössen $s_1\ s_2 \ldots$ rationale Functionen von p_i

die Grössen $s'_1\ s'_2 \ldots$ rationale Functionen von p_i und p_j

die Grössen $s''_1\ s''_2 \ldots$ rationale Functionen von p_i p_j und p_k u. s. w.

Dieser Satz führt zu einem einfachen Beweis der Gleichungen (α) und (π).

Die Gleichungssysteme B_i und A definiren die Grössen $y_\lambda\ y^1_\lambda\ y^2_\lambda \ldots y^{m-1}_\lambda$ als Functionen der Grössen $x_1\ x_2 \ldots x_n$ und der Parameter $p_1\ p_2 \ldots p_m$, und zwar ist, da der Parameter p_i nur in die Coefficienten der Substitution B_i aber nicht in die Coefficienten der übrigen Substitutionen B_j eingeht

y_λ Function von $x_1\ x_2 \ldots x_n$ und $p_1\ p_2\ p_3 \ldots p_m$

y^1_λ Function von $x_1\ x_2 \ldots x_n$ und $p_2\ p_3 \ldots p_m$

y^2_λ Function von $x_1\ x_2 \ldots x_n$ und $p_3 \ldots p_m$ $\lambda = 1, 2, \ldots n$

. . . . . .

y^{m-1}_λ Function von $x_1\ x_2 \ldots x_n$ und p_m

Durch partielle Differentiation nach p_i ergibt sich daher:

Digitized by Google

$$\frac{\partial y_\lambda}{\partial p_i} = \sum_\mu b^1_{\lambda\mu} \frac{\partial y^1_\mu}{\partial p_i}$$

$$\frac{\partial y^1_\lambda}{\partial p_i} = \sum_\mu b^2_{\lambda\mu} \frac{\partial y^2_\mu}{\partial p_i}$$

$$\frac{\partial y^2_\lambda}{\partial p_i} = \sum_\mu b^3_{\lambda\mu} \frac{\partial y^3_\mu}{\partial p_i}$$

. . . . . .

(d) $$\frac{\partial y^{i-2}_\lambda}{\partial p_i} = \sum_\mu b^{i-1}_{\lambda\mu} \frac{\partial y^{i-1}_\mu}{\partial p_i} \qquad \lambda = 1, 2, \ldots n$$

$$\frac{\partial y^{i-1}_\lambda}{\partial p_i} = \sum_\mu \frac{d\, b^i_{\lambda\mu}}{d\, p_i} y^i_\mu$$

$$y^i_\lambda = \sum_\mu b^{i+1}_{\lambda\mu} y^{i+1}_\mu$$

. . . . . .

$$y^{m-1}_\lambda = \sum_\mu b^m_{\lambda\mu} x_\mu$$

Nun ist

$$\frac{d\, b^i_{\lambda\mu}}{d\, p_i} = \sum_\nu b^i_{\lambda\nu} c^i_{\nu\mu} \text{ oder } = \frac{1}{p_i} \sum_\nu b^i_{\lambda\nu} c^i_{\nu\mu}$$

je nachdem die elementare Substitution B_i von der ersten oder der zweiten Art ist.

Angenommen, es finde der erste Fall statt — der zweite ist ganz analog zu behandeln — dann ist

$$\frac{\partial y^{i-1}_\lambda}{\partial p_i} = \sum_\mu \sum_\nu b^i_{\lambda\nu} c^i_{\nu\mu} y^i_\mu \quad (\lambda = 1, 2, \ldots n)$$

Digitized by Google

Dieses Gleichungssystem lässt sich durch die beiden folgenden ersetzen:

$$\frac{\partial y_\lambda^{i-1}}{\partial p_i} = \sum_\mu b_{\lambda\mu}^i z_\mu^i \qquad z_\lambda^i = \sum_\mu c_{\lambda\mu}^i y_\mu^i \ (\lambda = 1, 2, \ldots n)$$

In dem zweiten Gleichungssystem führe ich für y_λ^i seinen aus dem $i+1^{ten}$ der Gleichungssysteme (d) folgenden Wert und an Stelle der Grössen $c_{\lambda\mu}^i$ die Grössen $q_{\lambda\mu}$ ein, welche aus den Gleichungen

$$\sum_\mu c_{\lambda\mu}^i b_{\mu\nu}^{i+1} = \sum_\mu b_{\lambda\mu}^{i+1} q_{\mu\nu} \ (\lambda, \nu = 1, 2, \ldots n)$$

zu berechnen sind. Wir erhalten

$$z_\lambda^i = \sum_\mu \sum_\nu c_{\lambda\mu}^i b_{\mu\nu}^{i+1} y_\nu^{i+1} = \sum_\mu \sum_\nu b_{\lambda\mu}^{i+1} q_{\mu\nu} y_\nu^{i+1} \ (\lambda = 1, 2, \ldots n)$$

Dieses Gleichungssystem ersetzen wir durch die beiden folgenden:

$$z_\lambda^i = \sum_\mu b_{\lambda\mu}^{i+1} z_\mu^{i+1} \qquad z_\lambda^{i+1} = \sum_\mu q_{\lambda\mu} y_\mu^{i+1} \ (\lambda = 1, 2, \ldots n)$$

Das zweite von diesen Gleichungssystemen und das $i+2^{te}$ der Gleichungssysteme (d) ersetzen wir nun durch

$$z_\lambda^{i+1} = \sum_\mu b_{\lambda\mu}^{i+2} z_\mu^{i+2} \text{ und } z_\lambda^{i+2} = \sum_\mu q'_{\lambda\mu} y_\mu^{i+2} \ (\lambda = 1, 2, \ldots n)$$

wo die Grössen $q'_{\lambda\mu}$ durch die Gleichungen

$$\sum_\mu q_{\lambda\mu} b_{\mu\nu}^{i+2} = \sum_\mu b_{\lambda\mu}^{i+2} q'_{\mu\nu} \ (\lambda, \nu = 1, 2, \ldots n)$$

bestimmt sind.

In dieser Weise fortfahrend erkennt man leicht, dass sich die letzten $m - i + 1$ der Gleichungssysteme (d) ersetzen lassen durch die folgenden:

Digitized by Google

$$\frac{\partial y_\lambda^{i-1}}{\partial p_i} = \sum_\mu b_{\lambda\mu}^i \; z_\mu^i$$

$$z_\lambda^i \quad = \sum_\mu b_{\lambda\mu}^{i+1} \; z_\mu^{i+1}$$

$$z_\lambda^{i+1} \quad = \sum_\mu b_{\lambda\pi}^{i+2} \; z_\mu^{i+2} \qquad \lambda = 1, 2, \ldots n$$

$$\cdot \quad \cdot \quad \cdot \quad \cdot \quad \cdot \quad \cdot \quad \cdot$$

$$z_\lambda^{m-1} \quad = \sum_\mu b_{\lambda\mu}^m \; z_\mu^m$$

$$z_\lambda^m \quad = \sum_\mu C_{\lambda\mu}^i \; x_\mu$$

und nach dem eben bewiesenen Hülfssatz lassen sich die Grössen $C_{\lambda\mu}^i$ darstellen in der Form

$$C_{\lambda\mu}^i = P_1^i \, c_{\lambda\mu}^1 + P_2^i \, c_{\lambda\mu}^2 \ldots + P_m^i \, c_{\lambda\mu}^m \; (\lambda, \mu = 1, 2, \ldots n)$$

wo $P_1^i \; P_2^i \ldots P_m^i$ rationale Functionen von $p_1 \; p_2 \ldots p_m$ sind.

Nun ergibt sich aus der Definition der Substitution A, dass

$$\frac{\partial y_\lambda}{\partial p_i} = \sum_\mu a_{\lambda\mu} \, z_\mu^m = \sum_\mu \sum_\nu a_{\lambda\nu} \, C_{\nu\mu}^i \, x_\mu \text{ ist,}$$

und da diese Gleichungen für beliebige Werte der x gelten, folgt hieraus

$$\frac{\partial a_{\lambda\mu}}{\partial p_i} = \sum_\nu a_{\lambda\nu} \, C_{\nu\mu}^i \text{ w. z. b. w.}$$

Für die Anfangswerte der Parameter wird

$$b_{\lambda\mu}^i = \binom{\lambda}{\mu} \text{ und } \frac{d\, b_{\lambda\mu}^i}{d\, p_i} = c_{\lambda\mu}^i \; (\lambda, \mu = 1, 2, \ldots n; \; i = 1, 2, \ldots m).$$

Für diese Werte ergeben daher die Gleichungen (d)

Digitized by Google

$$\frac{\partial y_\lambda}{\partial p_i} = \sum_\mu c^i_{\lambda\mu} x_\mu \text{ woraus}$$

$$\frac{\partial a_{\lambda\mu}}{\partial p_i} = c^i_{\lambda\mu} \text{ folgt.}$$

Für die Anfangswerte der Parameter ist somit $P^i_j = \binom{i}{j}$, also die Determinante der P^i_j gleich 1. Diese Determinante verschwindet also nicht identisch und hieraus folgt, wie im II. Abschnitt gezeigt wurde, dass m von den Substitutions-Coefficienten $a_{\lambda\mu}$ vorgeschriebene Werte erhalten können.

Damit ist der Satz bewiesen:

Wird eine homogene und rationale Function der Variabeln $x_1\ x_2 \ldots x_n$ $f((x))$ durch eine lineare Substitution, von deren Coefficienten m verfügbar bleiben, in sich selbst transformirt, so genügt sie m linear unabhängigen partiellen Differentialgleichungen (γ), deren Coefficientensysteme von der ersten oder von der zweiten Art sind.

Und umgekehrt, genügt die homogene Function $f((x))$ m, aber nicht mehr, Differentialgleichungen der angegebenen Art, so wird sie durch eine lineare Substitution, deren Coefficienten sich als rationale Functionen von m unabhängig variablen Parametern darstellen lassen, in sich selbst transformirt.

Diese Darstellung gibt aber nicht notwendig alle Substitutionen, durch die $f((x))$ in sich selbst transformirt wird; sie gibt nur diejenigen, welche durch ein irreductibles System algebraischer Gleichungen definirt sind, denen auch die Coefficienten der identischen Substitutionen genügen.

Digitized by Google

VI.

Ueber das Gleichungssystem $a_{\lambda\mu}((\eta)) = \sum_{\nu} a_{\lambda\nu}((\xi))\, a_{\nu\mu}((p))$.

Wird eine Function durch die Substitutionen

$$y_\lambda = \sum_{\mu} a_{\lambda\mu}((\xi))\, y'_\mu \quad \text{und} \quad y'_\lambda = \sum_{\mu} a_{\lambda\mu}((p))\, x_\mu \quad (\lambda = 1, 2, \ldots n)$$

in sich selbst transformirt, so wird sie auch durch die aus diesen beiden Substitutionen zusammengesetzte Substitution

$$y_\lambda = \sum_{\mu} \left\{ \sum_{\nu} a_{\lambda\nu}((\xi))\, a_{\nu\mu}((p)) \right\} x_\mu$$

in sich selbst transformirt. Aber es ist nicht von vornherein klar, dass diese Substitution einer Substitution der Form

$$y_\lambda = \sum_{\mu} a_{\lambda\mu}((\eta))\, x_\mu$$

äquivalent ist. Es soll daher im Folgenden bewiesen werden, dass es eine endliche Anzahl von Wertsystemen $\eta_1\ \eta_2 \ldots \eta_m$ gibt, welche den n^2 Gleichungen

$$(1) \quad a_{\lambda\mu}((\eta)) = \sum_{\nu} a_{\lambda\nu}((\xi))\, a_{\nu\mu}((p)) \quad (\lambda, \mu = 1, 2, \ldots n)$$

genügen. Dieser Beweis lässt sich auf den Beweis des folgenden einfacheren Satzes zurückführen:

Es gibt eine endliche Anzahl von Wertsystemen, welche den n^2 Gleichungen

$$(2) \quad a_{\lambda\mu}((\eta)) = \sum_{\nu} a_{\lambda\nu}((\xi))\, b^{i}_{\nu\mu}(p) \quad (\lambda, \mu = 1, 2, \ldots n)$$

genügen.

Setzt man nämlich in den letzteren Gleichungen der Reihe nach

Digitized by Google

$$
\begin{array}{llllll}
i=1;\ p=p_1; & \eta_1=\eta_1^1 & \eta_2=\eta_2^1 & \ldots\ \eta_m=\eta_m^1 \\
& \xi_1=\xi_1 & \xi_2=\xi_2 & \ldots\ \xi_m=\xi_m \\
i=2;\ p=p_2; & \eta_1=\eta_1^2 & \eta_2=\eta_2^2 & \ldots\ \eta_m=\eta_m^2 \\
& \xi_1=\eta_1^1 & \xi_2=\eta_2^1 & \ldots\ \xi_m=\eta_m^1 \\
i=3;\ p=p_3; & \eta_1=\eta_1^3 & \eta_2=\eta_2^3 & \ldots\ \eta_m=\eta_m^3 \\
& \xi_1=\eta_1^2 & \xi_2=\eta_2^2 & \ldots\ \xi_m=\eta_m^2 \\
\ldots & \ldots & \ldots & \ldots \\
i=m;\ p=p_m; & \eta_1=\eta_1 & \eta_2=\eta_2 & \ldots\ \eta_m=\eta_m \\
& \xi_1=\eta_1^{m-1} & \xi_2=\eta_2^{m-1} & \ldots\ \xi_m=\eta_m^{m-1}
\end{array}
$$

so genügen die so bestimmten Werte $\eta_1\ \eta_2\ \ldots\ \eta_m$ den Gleichungen (1).

Nehmen wir zunächst an, die Gleichungen (2) seien erfüllt. Betrachten wir $\xi_1\ \xi_2\ \ldots\ \xi_m$ als constant, p als variabel, so dass $\eta_1\ \eta_2\ \ldots\ \eta_m$ algebraische Functionen von p sind. Die Constanten ξ seien der Art, dass keiner der Substitutionscoefficienten $a_{\lambda\mu}((\xi))$ unendlich ist, dass die Determinante der $a_{\lambda\mu}((\xi))$ nicht verschwindet und dass auch die Determinante der $P_j^i((\xi))$ nicht verschwindet.

Aus den Gleichungen (2) ergibt sich durch Differentiation

$$\sum_{j=1}^{m} \frac{\partial a_{\lambda\mu}((\eta))}{\partial \eta_j} \frac{d\eta_j}{dp} = \sum_{\nu=1}^{n} a_{\lambda\nu}((\xi)) \frac{d b_{\nu\mu}^i(p)}{dp}$$

Nun ist

$$\frac{\partial a_{\lambda\mu}((\eta))}{\partial \eta_j} = \sum_{\nu=1}^{n} a_{\lambda\nu}((\eta))\, C_{\nu\mu}^j((\eta))$$

und — unter der Voraussetzung, dass die elementare Substitution B_i von der ersten Art ist, auf welchen Fall ich mich beschränke, da der Beweis im Falle, dass B_i von der zweiten Art ist, ganz analog zu führen ist —

$$\frac{d b_{\nu\mu}^i}{dp} = \sum_{\varkappa=1}^{n} b_{\nu\varkappa}^i c_{\varkappa\mu}^i$$

Digitized by Google

Mit Rücksicht auf (2) folgt somit

$$\sum_{\nu=1}^{n} a_{\lambda\nu}((\eta))\left\{\sum_{j=1}^{m} C^{j}_{\nu\mu}((\eta))\frac{d\eta_j}{dp} - c^{i}_{\nu\mu}\right\} = 0 \ (\lambda, \mu = 1, 2, \ldots n)$$

Soll die Determinante der $a_{\lambda\mu}((\eta))$ nicht verschwinden, so muss somit

$$\sum_{j=1}^{m} C^{j}_{\nu\mu}((\eta))\frac{d\eta_j}{dp} - c^{i}_{\nu\mu} = 0 \text{ sein für } \nu, \mu = 1, 2, \ldots n$$

Hieraus folgt, wenn man $C^{j}_{\nu\mu}((\eta))$ durch $\sum_{k=1}^{m} P^{j}_{k}((\eta))\, c^{k}_{\nu\mu}$ ersetzt und beachtet, dass die $c^{k}_{\nu\mu}$ linear unabhängig sind:

$$(3) \quad \sum_{j=1}^{m} P^{j}_{k}((\eta))\frac{d\eta_j}{dp} = \binom{k}{i} \ (k = 1, 2, \ldots m)$$

Aus diesen Gleichungen ergibt sich

$$(4) \quad \frac{d\eta_j}{dp} = Q^{i}_{j}((\eta)) \ (j = 1, 2, \ldots m) .$$

wo die Functionen Q^{i}_{j} durch die Gleichungen

$$\sum_{k=1}^{m} P^{j}_{k} Q^{k}_{h} = \binom{h}{j} \ (h, j = 1, 2, \ldots m)$$

bestimmt sind.

Gibt es also Werte $\eta_1\ \eta_2 \ldots \eta_m$, welche den Gleichungen (2) genügen, so genügen dieselben als Functionen von p betrachtet, den vorstehenden Differentialgleichungen. Ausserdem müssen die dem Wert $p = 0$ entsprechenden Anfangswerte der η die Gleichungen

$$a_{\lambda\mu}((\eta)) = a_{\lambda\mu}((\xi)) \ (\lambda, \mu = 1, 2, \ldots n)$$

befriedigen.

Digitized by Google

Ich beweise nun, dass auch umgekehrt die Functionen $\eta_1\ \eta_2\ \ldots\ \eta_m$ von p, welche durch die Differentialgleichungen (3) oder (4) und die Anfangswerte $\eta_k = \xi_k$ für $p = 0$ bestimmt sind, den Gleichungen (2) genügen.

Ersetzt man in den Ausdrücken

$$q_{\lambda\mu} = a_{\lambda\mu}((\eta)) - \sum_{\nu=1}^{n} a_{\lambda\nu}((\xi))\, b^{i}_{\nu\mu}(p) \quad (\lambda, \mu = 1, 2, \ldots n)$$

die Grössen $\eta_1\ \eta_2\ \ldots\ \eta_m$ durch ihre Werte in Function von p, so werden die n^2 Grössen $q_{\lambda\mu}$ Functionen von p. Durch Differentiation nach p ergibt sich:

$$\frac{dq_{\lambda\mu}}{dp} = \sum_{j=1}^{m} \frac{\partial a_{\lambda\mu}((\eta))}{\partial \eta_j} \frac{d\eta_j}{dp} - \sum_{\nu=1}^{n} a_{\lambda\nu}((\xi)) \frac{db^{i}_{\nu\mu}(p)}{dp}$$

$$= \sum_{j=1}^{m}\sum_{\nu=1}^{n} a_{\lambda\nu}((\eta))\, C^{j}_{\nu\mu}((\eta)) \frac{d\eta_j}{dp} - \sum_{\nu=1}^{n}\sum_{\varkappa=1}^{n} a_{\lambda\nu}((\xi))\, b^{i}_{\nu\varkappa}(p)\, c^{i}_{\varkappa\mu}$$

Da aber $\eta_1\ \eta_2\ \ldots\ \eta_m$ den Differentialgleichungen (2) genügen, so ist

$$\sum_{j=1}^{m} C^{j}_{\nu\mu}((\eta)) \frac{d\eta_j}{dp} = \sum_{j=1}^{m}\sum_{k=1}^{m} P^{j}_{k}((\eta)) \frac{d\eta_j}{dp} c^{k}_{\nu\mu} = c^{i}_{\nu\mu}$$

Folglich ist

$$\frac{dq_{\lambda\mu}}{dp} = \sum_{\nu=1}^{n} \left\{ a_{\lambda\nu}((\eta)) - \sum_{\varkappa=1}^{n} a_{\lambda\varkappa}((\xi))\, b^{i}_{\varkappa\nu}(p) \right\} c^{i}_{\nu\mu}$$

Oder $$\frac{dq_{\lambda\mu}}{dp} = \sum_{\nu=1}^{n} q_{\lambda\nu}\, c^{i}_{\nu\mu} \quad (\lambda, \mu = 1, 2, \ldots n)$$

Nun ist für $p = 0$ $q_{\lambda\mu} = 0$ $(\lambda, \mu = 1, 2, \ldots n)$, daher verschwinden für $p = 0$ auch alle Differentialquotienten $\frac{dq_{\lambda\mu}}{dp}$ und ebenso alle höheren Differentialquotienten. Die

Digitized by Google

n^2 Functionen $q_{\lambda\mu}$ sind daher identisch Null, was zu beweisen war.

Damit ist, wie bereits oben ausgeführt wurde, bewiesen, dass es bei beliebig gegebenen Werten von $\xi_1\ \xi_2\ \ldots\ \xi_m$ und $p_1\ p_2\ \ldots\ p_m$ eine endliche Anzahl von Wertsystemen gibt, welche den Gleichungen (1) genügen. Durch diese Gleichungen sind also m algebraische Functionen der ξ und der p

$$\eta_i = \varphi_i(\xi|p) \quad (i = 1, 2, \ldots m)$$

definirt.

In ganz analoger Weise kann man beweisen, dass es bei beliebig gegebenen Werten von $\eta_1\ \eta_2\ \ldots\ \eta_m$ und $\xi_1\ \xi_2\ \ldots\ \xi_m$ eine endliche Anzahl von Wertsystemen $p_1\ p_2\ \ldots\ p_m$ gibt, welche den Gleichungen (1) genügen.

Es gibt also insbesondere Werte von $p_1\ p_2\ \ldots\ p_m$, welche den Gleichungen

$$\sum_{\nu=1}^{n} a_{\lambda\nu}((\xi))\, a_{\nu\mu}((p)) = \binom{\lambda}{\mu} \quad (\lambda, \mu = 1, 2, \ldots n)$$

genügen. —

Wir haben den Nachweis für die Existenz der Functionen φ erbracht, indem wir dieselben durch eine Reihe von Systemen von Differentialgleichungen definirten, in denen immer nur e i n e unabhängige Variable vorkommt. Wir können die Functionen φ aber auch durch ein einziges simultanes System von Differentialgleichungen bestimmen.

Betrachten wir in den Gleichungen (1) die Grössen ξ als constant, die Grössen p und η als variabel und bilden unter dieser Voraussetzung von beiden Seiten der Gleichung (1) die vollständigen Differentiale.

Wir erhalten, da wegen (α)

$$da_{\lambda\mu}((\eta)) = \sum_{i=1}^{m} \frac{\partial a_{\lambda\mu}((\eta))}{\partial \eta_i}\, d\eta_i = \sum_{i=1}^{m} \sum_{\nu=1}^{n} a_{\lambda\nu}((\eta))\, C^i_{\nu\mu}((\eta))\, d\eta_i$$

Digitized by Google

$$\text{und} \quad \mathrm{d}\,a_{\lambda\mu}((p)) = \sum_{i=1}^{m} \sum_{\nu=1}^{n} a_{\lambda\nu}((p))\, C^{i}_{\nu\mu}((p))\, \mathrm{d}\,p_i \text{ ist,}$$

mit Rücksicht auf (1)

$$\sum_{\nu=1}^{n} a_{\lambda\nu}((\eta)) \left\{ \sum_{i=1}^{m} (C^{i}_{\nu\mu}((\eta))\, \mathrm{d}\,\eta_i - C^{i}_{\nu\mu}((p))\, \mathrm{d}\,p_i) \right\} = 0 \; (\lambda, \mu = 1, 2 \ldots n)$$

und hieraus folgt, da die Determinante der $a_{\lambda\mu}((\eta))$ nicht verschwindet

$$\sum_{i=1}^{m} (C^{i}_{\nu\mu}((\eta))\, \mathrm{d}\,\eta_i - C^{i}_{\nu\mu}((p))\, \mathrm{d}\,p_i) = 0 \; (\nu, \mu = 1, 2, \ldots n)$$

Führen wir hier für die Functionen $C^{i}_{\nu\mu}$ ihre durch die Gleichungen (π) gegebenen Werte ein, so folgt, weil die Coefficientensysteme $c^{1}_{\lambda\mu}\; c^{2}_{\lambda\mu} \ldots c^{m}_{\lambda\mu}$ linear unabhängig sind.

$$(5) \quad \sum_{i=1}^{m} P^{i}_{j}((\eta))\, \mathrm{d}\,\eta_i = \sum_{i=1}^{m} P^{i}_{j}((p))\, \mathrm{d}\,p_i \; (j = 1, 2, \ldots m)$$

Diese Gleichungen bringen eine merkwürdige Eigenschaft der Functionen φ zum Ausdruck. Stellt man nämlich für die vorstehenden Differentialgleichungen die Integrabilitätsbedingungen auf, so kommt man zu einem System partieller Differentialgleichungen von der Form der im III. Abschnitt mit (J) und (J′) bezeichneten Systeme.

Durch die Differentialgleichungen (5) sind die Grössen η als Functionen der p vollkommen bestimmt, sobald noch die den Anfangswerten der p entsprechenden Werte der η gegeben sind.

Wie vielwertig die algebraischen Functionen φ sind, hängt wesentlich von der Wahl des Parametersystems, welches zur Darstellung der Grössen $a_{\lambda\mu}$ verwendet wird, oder was dasselbe sagen will, von der Wahl der Functionen P^{i}_{j} ab.

Digitized by Google

Es lässt sich beweisen, dass bei geeigneter Wahl dieses Parametersystems die Functionen φ einwertig, also rational sind. Dieser Beweis lässt sich nur auf Grund einer eingehenden Untersuchung der zwischen den Coefficienten $c^i_{\lambda\mu}$ bestehenden Beziehungen erbringen, auf welche hier nicht eingegangen werden soll.

VI.

Ueber die Functionen φ.

Betrachtet man die Grössen $\eta_1\ \eta_2\ .\ .\ \eta_m$ als die ursprünglichen, die Grössen $\xi_1\ \xi_2\ .\ .\ \xi_m$ als neue Variable und die Grössen $p_1\ p_2\ .\ .\ p_m$ als verfügbare Parameter, so ist durch die Gleichungen

$$\eta_i = \varphi_i(\xi|p)\ \ (i = 1, 2, .\ .\ m)$$

ein System von Substitutionen definirt. Es lässt sich zeigen, dass dieses Substitutionensystem ein invariantives ist.

Der Beweis stützt sich auf die beiden folgenden Eigenschaften der Functionen φ:

1) Ist $\eta_i = \varphi_i(\xi|p)$
so ist auch $\xi_i = \varphi_i(\eta|q)$ $\qquad i = 1, 2, .\ .\ m$

und hier sind $q_1\ q_2\ .\ .\ q_m$ Functionen von $p_1\ p_2\ .\ .\ p_m$ aber unabhängig von $\xi_1\ \xi_2\ .\ .\ \xi_m$.

2) Ist $\eta_i = \varphi_i(\xi|p)$
und $\zeta_i = \varphi_i(\eta|q)$ $\qquad i = 1, 2, .\ .\ m$
so ist auch $\zeta_i = \varphi_i(\xi|r)$

und hier sind $r_1\ r_2\ .\ .\ r_m$ Functionen von $p_1\ p_2\ .\ .\ p_m$ und $q_1\ q_2\ .\ .\ q_m$ aber unabhängig von $\xi_1\ \xi_2\ .\ .\ \xi_m$.

Der Beweis ergibt sich unmittelbar aus den im vorigen Abschnitt bewiesenen Sätzen.

Digitized by Google

Ist $\eta_i = \varphi_i(\xi|p)$, so ist nach der Definition der Functionen φ

$$a_{\lambda\mu}((\eta)) = \sum_{\nu=1}^{n} a_{\lambda\nu}((\xi))\, a_{\nu\mu}((p)) \quad (\lambda, \mu = 1, 2, \ldots n)$$

Bestimmt man also die Grössen q durch die Gleichungen

$$\sum_{\mu=1}^{n} a_{\nu\mu}((p))\, a_{\mu\varkappa}((q)) = \binom{\nu}{\varkappa} \quad (\nu, \varkappa = 1, 2, \ldots n)$$

so wird

$$\sum_{\mu=1}^{n} a_{\lambda\mu}((\eta))\, a_{\mu\varkappa}((q)) = a_{\lambda\varkappa}((\xi)) \quad (\lambda, \varkappa = 1, 2, \ldots n)$$

w. z. b. w.

Ist zweitens

$$\zeta_i = \varphi_i(\eta|q) \text{ und } \eta_i = \varphi_i(\xi|p) \quad (i = 1, 2, \ldots m)$$

so bestehen die Gleichungen

$$a_{\lambda\mu}((\zeta)) = \sum_{\nu=1}^{n} a_{\lambda\nu}((\eta))\, a_{\nu\mu}((q))$$

$$a_{\lambda\mu}((\eta)) = \sum_{\nu=1}^{n} a_{\lambda\nu}((\xi))\, a_{\nu\mu}((p)) \quad (\lambda, \mu = 1, 2, \ldots n)$$

aus denen folgt

$$a_{\lambda\mu}((\zeta)) = \sum_{\nu=1}^{n} \sum_{\varkappa=1}^{n} a_{\lambda\nu}((\xi))\, a_{\nu\varkappa}((p))\, a_{\varkappa\mu}((q))$$

Bestimmt man nun die Grössen r durch die Gleichungen

$$a_{\nu\mu}((r)) = \sum_{\varkappa=1}^{n} a_{\nu\varkappa}((p))\, a_{\varkappa\mu}((q)) \quad (\nu, \mu = 1, 2, \ldots n)$$

so ist $\zeta_i = \varphi_i(\xi|r)$ $(i = 1, 2, \ldots m)$ w. z. b. w.

Aus den beiden eben bewiesenen Sätzen geht hervor,

Digitized by Google

dass die Gesammtheit der Substitutionen φ eine „continuirliche Gruppe" bildet.

Man kann auf diese Substitutionen φ ganz ebenso wie auf die linearen Substitutionen eine Definition der Aequivalenz gründen, indem man eine rationale Function von $\xi_1\ \xi_2\ ..\ \xi_m$ und eine rationale Function von $\eta_1\ \eta_2\ ..\ \eta_m$ als äquivalent bezeichnet, wenn die erstere durch eine Substitution $\xi_i = \varphi_i(\eta|p)$ $(i = 1, 2, .. m)$ in die letztere transformirt werden kann. Auch für die auf die Substitutionen φ gegründete Aequivalenz gilt der Satz, dass zwei Functionen dann und nur dann äquivalent sind, wenn sie zur selben dritten äquivalent sind.

VIII.

Ueber die Integrale der Differentialgleichungen (γ).

Nunmehr kann der Beweis erbracht werden, dass die Differentialgleichungen (γ) ein Invariantensystem definiren: sie definiren das Invariantensystem der Formen

$$F_\lambda(x|\xi) = \sum_{\mu=1}^{n} a_{\lambda\mu}((\xi))\, x_\mu \quad (\lambda = 1, 2, .. n)$$

mit den „Coefficienten" $x_1\ x_2\ ..\ x_n$ und den „Variabeln" $\xi_1\ \xi_2\ ..\ \xi_m$.

Führen wir an Stelle der Variabeln ξ neue Variable ein mittelst der Substitutionen

$$\xi_i = \varphi_i(\eta|p) \quad (i = 1, 2, .. m)$$

so geht die Form $F_\lambda(x|\xi)$ in die äquivalente Form $F_\lambda(y|\eta)$ über, wo

$$y_\lambda = \sum_{\mu=1}^{n} a_{\lambda\mu}((p))\, x_\mu \quad (\lambda = 1, 2, .. n) \text{ ist.}$$

Digitized by Google

Denn nach der Definition der Function φ ist

$$a_{\lambda\mu}((\xi)) = \sum_{\nu=1}^{n} a_{\lambda\nu}((\eta))\, a_{\nu\mu}((p)) \quad (\lambda, \mu = 1, 2, \ldots n)$$

Betrachten wir nun die Coefficienten $x_1\ x_2 \ldots x_n$ und die Coefficienten $y_1\ y_2 \ldots y_n$ als gegeben, so lauten die notwendigen und ausreichenden Bedingungen, damit die Formen $F_\lambda(x|\xi)$ und $F_\lambda(y|\eta)$ äquivalent sind:

Es müssen sich Werte $p_1\ p_2 \ldots p_m$ angeben lassen, welche den Gleichungen

$$y_\lambda = \sum_{\mu=1}^{n} a_{\lambda\mu}((p))\, x_\mu \quad (\lambda = 1, 2, \ldots n)$$

genügen.

Da nun, wie im vorigen Abschnitt gezeigt wurde, zwei Formen äquivalent sind, wenn sie zur selben dritten äquivalent sind, so lassen sich diese Bedingungen vollständig ersetzen durch die folgenden:

Es muss ein Wertsystem $z_1\ z_2 \ldots z_n$ und Wertsysteme $q_1\ q_2 \ldots q_m$; $r_1\ r_2 \ldots r_m$ geben, welche den beiden Gleichungssystemen

$$x_\lambda = \sum_{\mu=1}^{n} a_{\lambda\mu}((q))\, z_\mu$$
$$y_\lambda = \sum_{\mu=1}^{n} a_{\lambda\mu}((r))\, z_\mu \qquad \lambda = 1, 2, \ldots n$$

genügen.

Im vorliegenden Fall sind somit die Voraussetzungen erfüllt, auf welche Herr Christoffel seinen Eingangs besprochenen Beweis gestützt hat, dass sich die Aequivalenzbedingungen durch Gleichsetzung von Invarianten ausdrücken lassen. Es gelten demnach für den vorliegenden Fall die von Herrn Christoffel aufgestellten Sätze:

Digitized by Google

1) Die Aequivalenzbedingungen lassen sich vollständig ausdrücken durch eine Anzahl Gleichungen der Form

$$f_i((y)) = f_i((x)) \quad (i = 1, 2, \ldots n - \sigma + \varrho).$$

Hier bedeutet σ „die Ordnung der systematischen Elimination" und ϱ eine positive Zahl, die unter Umständen gleich Null sein kann. Die Zahl σ ist gleich der Anzahl der Coefficienten der transformirten Form, welche bei geeigneter Wahl der verfügbaren Parameter p vorgeschriebene Werte erhalten können.

2) Alle Invarianten von F_λ, d. h. alle rationalen Functionen der y, welche von den Werten der Parameter p unabhängig sind und nur von den Werten der x abhängen, lassen sich als rationale Functionen der $n - \sigma + \varrho$ Invarianten f_i darstellen.

Die Invarianten f_i genügen offenbar den Differentialgleichungen (γ). Da unter diesen Invarianten $n - \sigma$ von einander unabhängig sind, so haben die Differentialgleichungen (γ) $n - \sigma$ von einander unabhängige Integrale. Von den m linear unabhängigen Differentialgleichungen (γ) müssen daher $m - \sigma$ eine Folge der übrigen sein.

Das eben nachgewiesene Invariantensystem bildet ein Invariantensystem für jede der n Formen

$$F_1(x|\xi) \quad F_2(x|\xi) \ldots F_n(x|\xi).$$

Dies findet sein vollständiges Analogon in der Invariantentheorie im engeren Sinne des Wortes. Das Invariantensystem einer algebraischen Form $F_1(x|\xi^1)$ mit den Coefficienten $x_1\, x_2 \ldots x_n$ und den Variabeln $\xi_1^1\, \xi_2^1 \ldots \xi_\mu^1$ kann nämlich als Invariantensystem jeder der n Formen betrachtet werden, welche durch wiederholte Anwendung der Operation

$$\sum_{\lambda=1}^{\mu} \xi_\lambda^i \frac{\partial F}{\partial \xi_\lambda^1} \quad (i = 1, 2, \ldots \mu)$$

Digitized by Google

aus F_1 hervorgehen, sofern man nur die μ Variabelnsysteme

$$\begin{array}{cccc} \xi_1^1 & \xi_2^1 & \ldots & \xi_\mu^1 \\ \xi_1^2 & \xi_2^2 & \ldots & \xi_\mu^2 \\ \ldots & \ldots & \ldots & \ldots \\ \xi_1^\mu & \xi_2^\mu & \ldots & \xi_\mu^\mu \end{array}$$

als cogredient betrachtet.

Diese n Formen sind offenbar nichts anderes als die Coefficienten einer algebraischen Form, in welche F_1 durch die lineare Substitution

$$\xi_i = \eta_1 \xi_i^1 + \eta_2 \xi_i^2 + \eta_3 \xi_i^3 \ldots + \eta_\mu \xi_i^\mu \quad (i = 1, 2, \ldots \mu)$$

transformirt wird. Auch dies steht in vollkommenem Einklang mit der im Vorangehenden entwickelten allgemeinen Theorie.

Digitized by Google

Ueber die Wirkung des Schwefelkohlenstoffs auf den thierischen Organismus.

Von Prof. Dr. K. B. Lehmann in Würzburg.

(Eingelaufen 8 März.)

Am 11. Juni hat Herr von Pettenkofer der königlichen bayerischen Akademie Mittheilungen über Versuche „Ueber die Gesundheitsschädlichkeit mehrerer Gase und Dämpfe" gemacht, die von mir theils allein, theils unter Mithülfe der Herren DDr. Nakahama und Mori angestellt wurden. Es wurde darin über abgeschlossene Versuche mit Ammoniak, Chlorwasserstoff, Chlor, Brom und Schwefelwasserstoff berichtet — denen ich hier nichts beizufügen habe. Dagegen haben neue Versuche über Schwefelkohlenstoff, die ich während der Sommerferien vornahm, gezeigt, dass den bisherigen Experimenten mit dieser Substanz ein Fehler anhaftet, nach dessen Eliminirung die Versuche tadellos übereinstimmten und — und dies ist das wichtigste Resultat — nichts mehr von einer Verschiedenheit in der Wirkung des chemisch reinen und des technischen unreinen Schwefelkohlenstoffs erkennen liessen. Auch bei diesen neuen Versuchen bin ich von Herrn Dr. Nakahama unterstützt worden.

Der Fehler der früheren Versuche bestand darin, dass sich in dem blechernen Verbindungsrohr des gläsernen Thierkastens mit dem gläsernen zur Aspirationsgasuhr führenden Rohr allmälig ein feines Leck gebildet hatte, das bewirkte,

Digitized by Google

dass die aspirirte Luftmenge nicht mehr ganz durch den Kasten hindurch angesaugt wurde, sondern zum Theil direct aus der Zimmerluft hinter dem Kasten entnommen wurde. Da ich die Concentration aus der verdunsteten Schwefelkohlenstoffmenge und dem aspirirten Luftvolum berechnete, so musste ich durch Annahme eines zu grossen Luftwechsels eine zu niedrige Concentration finden. In den ersten Versuchen, die mit möglichst reinem Schwefelkohlenstoff angestellt wurden, war das Leck noch sehr klein, in den späteren mit unreinem schon beträchtlich, es wollte auch später nicht mehr gelingen mit reinstem Schwefelkohlenstoff die ursprünglichen Resultate zu erhalten; diese Thatsache führte nach langen Bemühungen endlich auf die Entdeckung des Fehlers.

Ich entschloss mich nach der Entdeckung des Fehlers und gründlichster Revision des Apparates in allen Theilen zu einer vollkommenen Wiederholung aller Versuche, zehn neue Versuche stets gleichzeitig an 2—3 Thieren angestellt ergaben nun mit Sicherheit eine ganz gleiche Wirkung der verschiedenen untersuchten Schwefelkohlenstoffsorten und eine viel geringere Giftigkeit, als ich ursprünglich gefunden.

Katzen verhalten sich folgendermaassen:

In 8^h bringen Dosen von 1,2—1,5 Milligramm im Liter ausser etwas Mattigkeit keine Erscheinungen hervor, 2,6 Milligramm äussern erst nach 5^h eine deutliche Wirkung, das Thier beginnt zu schwanken, secernirt etwas Speichel, erbricht, nach $7^1/_2{}^h$ ist das Schwanken stärker, das Thier lehnt sich matt an die Wand, etwas später sinkt das Thier zusammen unfähig sich auf den Füssen zu halten. Es treten dann krampfhafte Bewegungen in den Extremitäten, zuweilen in der Rumpfmuskulatur ein — setzt man den Versuch bis zur 9. Stunde fort, so ändert sich nichts wesentliches mehr am Bild, nimmt man dann die Thiere heraus, so machen sie höchst ungeschickte Gehversuche, wobei starke Coordinationsstörungen auffallen, manchmal ist das Thier erst eine Zeit

Digitized by Google

lang überhaupt nicht mehr im Stande zu gehen, in Seiten- oder Bauchlage werden allerlei uncoordinirte Zeiger- oder Wälzbewegungen ausgeführt, mit denen klonische Zuckungen in verschiedenen Muskelgruppen wechseln. Bei 4—5 Milligramm pro Liter treten die Krampf- und Lähmungssymptome schon nach 3^h auf, bei 7—8 nach 2^h, bei 10—11 schon nach $1^1/_2{}^h$. Junge Thiere werden früher krank als ältere. Dauert bei höheren Dosen die Einwirkung über eine gewisse Zeit (bei 7—8 Milligramm z. B. etwa $4^1/_2{}^h$), so werden die Thiere reflexlos, die Anfangs in unregelmässigen Perioden beschleunigte Respiration wird sehr langsam, schwach, oberflächlich, und wenn man sie jetzt auch herausnimmt, gehen sie doch nach 1—2 Tagen zu Grunde — während sie sich meist in $1—2^h$ vollkommen erholen, wenn man sie in's Freie bringt, nachdem das Convulsions- und Lähmungsstadium erst kurze Zeit gedauert. Die Herzaction ist nur bei den sehr schwer gelähmten Thieren geschwächt.

Bei der Section zeigten sich in den Lungen öfters Hyperaemien und Ecchymosen, die Nieren waren meist stark verfettet namentlich die Rinde, auch die Leber zeigte nicht selten Verfettung. Keine Haemoglobinurie, keine Haematurie beobachtet.

Die Kaninchen zeigen ähnliche Symptome wie die Katzen, doch sind sie weniger empfindlich, die nervösen Erscheinungen sind meist erst angedeutet, wenn sie bei der Katze schon auf der Höhe der Entwickelung sind. Nach 9 stündiger Einwirkung von 2,6 Milligramm im Liter zeigt sich ein Kaninchen noch kaum afficiert, bei 7,5 Milligramm ist es zwar in $3^3/_4{}^h$ in schlaffer Seitenlage, und zeigt auch nach dem Herausnehmen noch eine halbe Stunde lang Andeutungen von Wälzbewegungen, aber es frisst doch schon wieder um diese Zeit und ist rascher wieder hergestellt als die gleichzeitig dem Versuch unterworfenen Katzen.

Nachdem wir uns nun sicher überzeugt hatten, dass in

Digitized by Google

der That der technische und der reinste Schwefelkohlenstoff auf Thiere gleich wirkten, dass also den Angaben Sapelier's gar nichts Thatsächliches zu Grunde liegt, versuchte ich noch in 4 Experimenten ob der Chlorschwefel, der in der Kautschukfabrikation eine so wichtige Rolle spielt, einen bedeutenden Einfluss auf die Gesundheit ausübe. Man möchte dies glauben, denn derselbe besitzt einen äusserst stechenden widerlichen Geruch; seine relativ geringe Flüchtigkeit scheint aber keine wesentliche Schädigung durch ihn aufkommen zu lassen. Es wurde sowohl, wenn 0,1 als wenn 0,2 Milligramm Chlorschwefel der Luft beigemischt waren (mehr war nicht leicht mit meiner Versuchsanordnung der Luft beizumischen), nur Anfangs leichte Reizsymptome von Seiten der Schleimhäute beobachtet, dann aber 5 resp. 3^h lang keine nennenswerthen Symptome. Auch zwei Versuche mit Schwefelkohlenstoff, denen 10% und 20% Chlorschwefel beigemischt war, ergaben genau die gleichen Symptome wie solche mit reinem Schwefelkohlenstoff von gleicher Concentration.

Ueber Anilin hat Herr von Pettenkofer auch auf Grund unserer Versuche Mittheilungen gemacht; ich bemerke, dass alle qualitativen Angaben unverändert bleiben, dass ich aber bisher nicht im Stande war, die quantitativen Angaben mit dem neu revidierten Apparate zu prüfen — es soll dies sobald als möglich geschehen, für jetzt war es mir durch meine Berufung nach Würzburg unmöglich. Höchst wahrscheinlich sind meine bisherigen quantitativen Angaben mehrfach zu niedrig. Doch wird die grosse Immunität des Kaninchens und die starke Empfindlichkeit der Katze gegen Anilin, auf die ich aufmerksam gemacht, sich auch weiter bestätigen, auch neue subcutane Injectionsversuche ergaben ein solches Resultat.

Digitized by Google

Sitzungsberichte

der

königl. bayer. Akademie der Wissenschaften.

Oeffentliche Sitzung der königl. Akademie der Wissenschaften

zur Feier des 129. Stiftungstages

am 28. März 1888.

Der Secretär der mathematisch-physikalischen Classe, Herr C. v. Voit, zeigt an, dass im verflossenen Jahre 8 Mitglieder der Classe gestorben sind, nämlich das ausserordentliche Mitglied: Moritz Wagner; ferner die auswärtigen und correspondirenden Mitglieder: Bernhard Studer in Bern, Alexander Ecker in Freiburg, Laurent-Guillaume de Koninck in Lüttich, Julius v. Haast in Christchurch, Gustav Robert Kirchhoff in Berlin, Anton de Bary in Strassburg und Asa Gray in New-York.

Moritz Friedrich Wagner.

Von den einheimischen Mitgliedern der math.-phys. Classe der Akademie ist Moritz Wagner am 30. Mai 1887 nach schweren körperlichen Leiden aus dem Leben geschieden. Der vielseitig gebildete Mann hat sich nicht nur als unternehmender Reisender und gewandter Journalist, sondern auch, besonders in der letzten Zeit seines Lebens, als gelehrter Naturforscher einen weithin bekannten, höchst ge-

Digitized by Google

achteten Namen erworben. Wagner war nicht ein gewöhnlicher Reisender, der ferne, noch wenig bekannte Länder besuchte und über seine Erlebnisse in fesselnder Darstellung berichtete, er ging vielmehr gründlich vorbereitet, namentlich auch in der Geologie, der Zoologie und der Botanik an die Durchforschung der von ihm durchwanderten Erdtheile; durch seine scharfe Beobachtungsgabe war er befähigt von der Natur des Landes und der Art seiner Bewohner getreue Schilderungen zu liefern, welche zum Theil allgemeine Bedeutung hatten und selbst die Beachtung der Politiker fanden.

Moritz Wagner wurde zu Bayreuth am 3. Oktober 1813 als Sohn eines Gymnasialprofessors, eines tüchtigen Pädagogen, geboren. Nach der Berufung des Vaters als Rektor an das Gymnasium zu Augsburg besuchte er eine Zeit lang diese Schule, aber allerlei Anlässe bestimmten die Familie, ihn nicht die gelehrte Laufbahn einschlagen zu lassen, sondern ihn dem Kaufmannsstande zuzuführen. So kam Wagner in die Lehre in das grosse Augsburger Baukhaus von Joh. Georg von Halder. Es mag dem lebhaften, aufgeweckten Jünglinge, welcher frühzeitig mit Vorliebe Käfer und Schmetterlinge sammelte und deren Lebensweise mit feinem Sinne erkundete, überhaupt das regste Interesse für die Natur besass, recht schwer angekommen sein, in der Stube über ihm unverständlichen Zahlen zu sitzen, wenigstens wurde mir einmal von einem seiner früheren Principale mitgetheilt, dass Wagner's Neigungen offenbar wo ganz anders waren als in dem Comptoir und dass — etwas Unerhörtes — ein grosser Tintenklex in dem Handlungs-Hauptbuche die einzige sichtbare Erinnerung an sein Martyrium bilde. Die Liebe für die Naturwissenschaft theilte noch ein anderes Mitglied der Rektorsfamilie, denn der ältere Bruder Moritz Wagner's war der berühmte Göttinger Physiologe Rudolph Wagner.

Moritz Wagner hatte von jeher den sehnlichen Wunsch,

Digitized by Google

fremde Länder und Völker kennen zu lernen; all' sein Dichten und Trachten war mit grosser Energie darauf gerichtet, das vorgesteckte Ziel zu erreichen, denn nachdem er nach kurzer Lehrzeit aus dem Kaufhause ausgetreten war, begab er sich an die Universität Erlangen, woselbst er von 1833—1836 mit Eifer naturwissenschaftliche, besonders zoologische Studien betrieb, um sich für den Beruf, dem er sich widmen wollte, vorzubereiten.

Sein Wunsch sollte bald in Erfüllung gehen. Nach der Rückkunft von der Universität erhielt er von einigen Freunden und Gönnern als Vorschuss die ersten Mittel zu einer Reise nach Nordafrika, die weiteren Kosten hoffte er durch literarische Arbeiten und naturhistorische Sammlungen zu decken. So kam Wagner im Herbst des Jahres 1836 nach Algier, gerade recht um sich der französischen Armee anzuschliessen und der Erstürmung von Constantine beiwohnen zu können. Durch Empfehlungen war es ihm gelungen, einer der französischen Armee beigegebenen wissenschaftlichen Commission zugesellt zu werden, wobei er auch Gelegenheit hatte, die Hauptstadt Ab-del-Kader's zu besuchen und die Provinz Mascara zu bereisen. Seine zum Theil unter erheblichen Beschwerden und Gefahren gesammelten Erfahrungen veröffentlichte er zunächst in lebendig geschriebenen Berichten in der „Allgemeinen Zeitung", welche allseitig die Aufmerksamkeit auf den jungen Reisenden lenkten. Nach dreijährigem Aufenthalte in der Fremde im Jahre 1838 in die Heimath zurückgekehrt, schrieb er sein Buch „Reisen in der Regentschaft Algier", in dem er mannigfache Aufschlüsse über die damals noch wenig bekannten Naturverhältnisse jener Länder, besonders der Fauna der Berberei, brachte.

Da er fühlte, dass ihm tiefere botanische und geognostische Kenntnisse bei seinen Reisen von wesentlichem Nutzen sein würden, so entschloss er sich, nachdem ihn am 4. März 1838 die Universität Erlangen zum Doktor der

Digitized by Google

Philosophie promovirt hatte, nochmals die Hochschule zu beziehen; er gieng nach Göttingen, woselbst er sich während zweier Jahre (1840 bis 1842) vorzugsweise mit Geologie bei dem damals berühmten Hausmann beschäftigte.

Aber bald sehen wir ihn auf einer zweiten wissenschaftlichen Reise, nach dem Orient, begriffen, für welche er die Unterstützung der Akademie der Wissenschaften zu Berlin gefunden hatte. Er durchzog während dreier Jahre (1842 bis 1845) die Küstenländer des schwarzen Meeres, den Kaukasus, das westliche Persien und Kurdistan, von wo er mit reicher Ausbeute an Beobachtungen und an gesammelten Naturgegenständen zurückkehrte. Die während der folgenden sieben Ruhejahre geschriebenen Werke: „Der Kaukasus und das Land der Kosaken" (1848), „Die Reise nach Kolchis" (1850), „Reise nach dem Ararat und dem Hochlande Armeniens" (1850), Reise nach Persien und dem Lande der Kurden" (1852) enthalten die interessante Beschreibung des von ihm Gesehenen und Erlebten.

Im Jahre 1852 machte er sich zum dritten Male auf den Weg und zwar nach der neuen Welt mit seinem Freunde Karl Scherzer, den er in Meran kennen gelernt hatte. Sie bereisten Canada, die Vereinigten Staaten und vor Allen die Republiken Centralamerika's. Die Reise währte drei Jahre (1852 bis 1855); Wagner studirte dabei besonders die vulkanischen Erscheinungen und die geographische Verbreitung der Organismen. In San Salvador erlebte er das furchtbare Erdbeben, welches die Stadt in einigen Augenblicken in einen Schutthaufen verwandelte und wobei er seine ganze Habe, seine werthvollen Sammlungen und Bücher, einbüsste. Die Resultate dieser Reise sind in den „Reisen in Nordamerika (1854)" und „die Republik Costa Rica (1856)" niedergelegt.

Und noch ein Mal sollte Wagner eine Fahrt über das

Digitized by Google

Meer antreten; der für die Wissenschaft begeisterte und sie mit seltener Munificenz unterstützende König Max II. von Bayern gab ihm die Mittel zur Erforschung der bis dahin ganz unbekannten Gebirge von Panama und der Andengebiete von Ecuador (1857 bis 1859). Wagner gab dadurch wichtige Aufschlüsse über die geographischen Verhältnisse von Mittelamerika, er machte auf Anregung von Alexander von Humboldt geologische Beobachtungen an den Vulkanen und Andesitkegeln, und brachte reiche Erfahrungen und Sammlungen an Pflanzen und Thieren mit. Die hauptsächlichen Ergebnisse seiner äusserst mühseligen, mit grosser Thatkraft durchgeführten Wanderungen finden sich in dem bedeutsamen Werke „naturwissenschaftliche Reisen im tropischen Amerika (1870)". Eine gesondert erschienene zoologische Abhandlung: „über die hydrographischen Verhältnisse und das Vorkommen der Süsswasserfische in den Staaten Panama und Ecuador (1864)" bespricht die eigenthümliche Vertheilung dieser Thiere in den Flüssen jener Gegenden.

Nach der Rückkehr von dieser vierten und letzten grösseren Reise verblieb Wagner bis zu seinem Lebensende in München. Er wurde zum Honorarprofessor der Länder- und Völkerkunde an der Universität und zum Conservator der ethnographischen Sammlung des Staates ernannt, seit 1862 gehörte er als Mitglied unserer Akademie an. Dadurch gewann er die Musse zu wissenschaftlicher Beschäftigung und zu weiterer Verwerthung der gemachten Erfahrungen. Nachdem er vorher durch seine Reisen besonders die Erdkunde erweitert hatte, betheiligte er sich nun an der Lösung einer nicht nur die Fachgelehrten, sondern auch alle gebildeten Kreise interessirenden Frage.

Bei seinen Reisen war ihm nämlich die besondere Verbreitung der thierischen und pflanzlichen Organismen aufgefallen. Schon der Kaukasus bot ihm an seinen beiden Abdachungen Gelegenheit zu Wahrnehmungen über den

Digitized by Google

trennenden Einfluss hoher Gebirgskämme für viele schwerer bewegliche Organismen; vorzüglich beobachtete er aber solche Verschiedenheiten an den beiden Abhängen der Cordilleren und der Anden, sowie auch an Wüstenrändern, Meeresarmen und breiten Strömen; je abgeschlossener ein Flussgebiet und je schwerer übersteiglich die Scheidewand zwischen ihm und angrenzenden Flussgebieten sich zeigt, desto eigenthümlicher waren die darin vorhandenen Thierarten ausgeprägt. Manche sind an diesen Vorkommnissen vorübergegangen, ohne sie zu bemerken oder ohne Schlüsse daraus zu ziehen; dazu gehörte eine reiche Kenntniss der Formen der Thiere und Pflanzen, eine feine Beobachtungs- und Combinationsgabe, wie sie Wagner eigen war. Er kam dadurch zu seiner bedeutsamsten Leistung in der Naturwissenschaft, zu der Anschauung über die Ursache der Entstehung der mannigfaltigen Arten, welche er das „Sonderungs- oder Migrationsgesetz der Organismen" nannte und der Lehre von der Zuchtwahl oder der Selektionstheorie Darwin's entgegenstellte.

Niemand, der die Thatsachen kennt, wird heut' zu Tage die Berechtigung der Ansicht oder Theorie bestreiten, dass im Laufe der Zeiten eine allmähliche Umwandlung und Entwicklung der Organisation aus niederen zu höheren Formen und so die Entstehung neuer Arten stattgefunden hat. Diese Lehre, die Descendenz- oder Transmutationstheorie, ist bekanntlich schon seit längerer Zeit und öfter ausgesprochen worden. Die Frage für die Naturforschung ist aber die, durch welche Ursache diese allmähliche Entwicklung bewirkt wird. Darwin hat zuerst in einem geistreichen Versuch der Erklärung, gestützt auf viele Beobachtungen, die Veränderung durch die natürliche Zuchtwahl und durch den Kampf um's Dasein aufgestellt. Wagner verwarf, auf Grund seiner Erfahrungen über die Verbreitung der Organismen, die Erklärung der Entstehung neuer Formen in dem gleichen Verbreitungsbezirke durch die Auslese be-

Digitized by Google

günstigter Individuen und durch die Bevorzugung nützlicher Eigenschaften, weil ihr nach seiner Ansicht die freie Kreuzung entgegenwirke und dadurch die entstehenden Varietäten nach einigen Generationen wieder vernichtet würden. Er lässt vielmehr neue Formen entstehen durch die räumliche Separation oder durch die geographische Isolirung einzelner Individuen von dem Standorte der Stammart, wobei sich die Tendenz zur Variation entschiedener geltend mache.

Man muss gestehen, dass die Darlegungen Wagner's die höchste Beachtung verdienen und vielseitig auch gefunden haben, selbst von Seiten Darwin's. Eine spätere Zeit wird entscheiden, welche Ursache vor Allen wirksam ist und welche Theorie ihr am nächsten gekommen ist, die von Darwin oder die von Wagner oder die neuere, viel verheissende mechanisch-physiologische Theorie der Abstammungslehre Nägeli's, oder eine andere. Die beiden letzteren Forscher haben wenigstens gezeigt, dass für die Entstehung der Arten noch andere Ursachen möglich und denkbar sind als die von Darwin angegebene. Wagner wird seinen Antheil an der Lösung der wichtigen Frage, wie die Antwort auch ausfallen möge, behalten.

Nach Herausgabe seiner Schrift: „Die Darwin'sche Theorie und das Migrationsgesetz der Organismen (1868)" widmete er, obwohl kränklich und durch einen im Jahre 1870 erlittenen Bruch des Oberschenkelbeins genöthigt, mühsam an Krücken zu gehen, seine ganze Zeit der Ausbildung seiner Migrationstheorie, für die er emsig nach immer neuen Belegen suchte. Sein letztes Werk, eine Zusammenfassung dieser Theorie, hat er nicht mehr vollenden können; es sind jedoch einige Theile beendet und viele Aufzeichnungen vorhanden, welche auf den Wunsch von Moritz Wagner sein Neffe Dr. M. Wagner in Baden in der Schweiz veröffentlichen wird.

Die ihm unterstellte ethnographische Sammlung hat er,

Digitized by Google

Dank seiner ausgebreiteten Bekanntschaft, mit werthvollen Gegenständen zu bereichern gewusst; seine Bücher hinterliess er dem Museum zum Andenken; die reichen von seinen Reisen mitgebrachten Sammlungen befinden sich in den Museen von München, Wien und Paris.

Wagner war lebendigen Geistes, unabhängigen Sinnes, voll regsten Interesses für die Fortschritte der Wissenschaft und für die Zeitereignisse; er war auch ein aufopfernder Freund, und in seltenem Grade mildthätig und menschenfreundlich gegen die Armen. Seine Verdienste um die Wissenschaft werden noch in späteren Zeiten Anerkennung finden, wahrscheinlich in höherem Grade als während seines Lebens[1]).

Bernhard Studer.

Bernhard Studer ist am 2. Mai 1887 im 93. Lebensjahre in Bern gestorben. Mit ihm ist der letzte der berühmten schweizerischen Naturforscher, welchen wir vor Allem die Kenntniss der Erdrinde ihres schönen Vaterlandes verdanken, aus dem Leben geschieden, nachdem ihm seine Freunde und Mitarbeiter Arnold Escher, Heer und Merian vorausgegangen sind.

Studer hatte sich durch beharrlichen Fleiss ein ungewöhnlich umfangreiches Wissen in der Geologie und einen weiten Ueberblick auf diesem Gebiete erworben, wodurch er die Fähigkeit erlangt hatte, viele neue Thatsachen über die Gliederung der Alpen aufzufinden und dadurch den höchst verwickelten Bau derselben zu entwirren.

Er war geboren am 21. August 1794 zu Büren im Kanton Bern, als Kind einer angesehenen altbernischen Familie, deren Glieder sich schon vielfach um ihre Vater-

1) Mit Benützung der Nekrolge von Sigmund Günther (Neueste Nachrichten 8. und 13. Juli 1887); und von Karl v. Scherzer (Beilage zur Allgemeinen Zeitung 1888 Nro. 6. 7. 8. 9.).

Digitized by Google

stadt verdient gemacht hatten. Anfangs widmete er sich, wie schon Andere aus seinem Hause, der Theologie; aber nach bestandenem theologischen Examen gab er sich mit allem Eifer mathematischen und naturwissenschaftlichen Studien hin, zu welchem Zwecke er die Hochschulen zu Göttingen, Freiberg, Berlin und Paris besuchte.

Nach der Rückkehr von seiner Studienreise wurde er alsbald (1816) als Lehrer der Mathematik und Physik an der damaligen Akademie in Bern, und nachdem im Jahre 1834 dieselbe zur Universität erhoben worden war, als Professor der Mineralogie und Geologie sowie auch als Lehrer der Mathematik am oberen Gymnasium angestellt, in welcher Stellung er sein Leben über verblieb.

Studer widmete seine ganze Zeit dem Lehramte und der Wissenschaft und blieb absichtlich dem politischen Getriebe fern; er bekleidete nur während kürzerer Zeit die Stelle eines Vorstehers der vortrefflichen städtischen Realschule und war auch Mitglied des Schulrathes für das eidgenössische Polytechnikum.

Er war ein ausgezeichneter Lehrer mit lebendigem, klarem und geistvollem Vortrage, durch welchen er seinen Schülern nicht nur Kenntnisse, sondern auch Liebe zur Wissenschaft beibrachte; seine Vorlesungen wurden deshalb als allgemein bildende betrachtet und auch von Theologen und Medizinern gehört. Er verfasste über mehrere der von ihm gehaltenen Vorlesungen treffliche Lehrbücher, so das Lehrbuch der mathematischen Geographie (1836), das bekannte Lehrbuch der physikalischen Geographie und Geologie (1844—1847) und die Einleitung in das Studium der Physik (1859).

Der Schwerpunkt der Leistungen Studers lag jedoch in der Förderung der Wissenschaft; man kann mit vollem Rechte sagen, dass er der Schöpfer der heutigen Geologie der Schweiz war. Er ist dies geworden durch eigene Kraft, denn

Digitized by Google

er hat keiner geologischen Schule angehört. Sein ausschliessliches Interesse widmete er den Schweizer Alpen, wofür er als Vorgänger nur die Voyages dans les Alpes von Saussure und die Arbeiten von Conrad Escher von der Linth und Leopold von Buch hatte.

Auf zahlreichen Exkursionen in die Alpen, aber auch in die übrigen mineralogisch und geologisch bedeutsamen Theile Europas sammelte er sein kolossales Material an und erhellte er mit Ueberwindung der grössten Schwierigkeiten die vordem so dunkle Struktur der Alpen; alle Geologen der Schweiz begeisterte er zu gemeinsamer Arbeit an der grossen Aufgabe und selten werden sich wohl so viele ausgezeichnete Männer zu gleich gerichteter Thätigkeit zusammenfinden. Lange Zeit waren dadurch die jährlichen Versammlungen der schweizerischen naturforschenden Gesellschaft der Sammelpunkt auch für die ausländischen Geologen geworden.

In seinem 31. Lebensjahre (1825) veröffentlichte Studer seine berühmte Monographie über die Molasse, voll der wichtigsten Beobachtungen, durch welche er sich alsbald an die Spitze der schweizerischen Geologen setzte. Später erschienen von ihm die Geologie der westlichen Schweizeralpen (1834), dann die Abhandlung über die Gebirgsmasse von Davos (1837), in Gemeinschaft mit Arnold Escher die Geologie von Mittelbündten (1839), die Abhandlung: zur geologischen Karte der Alpen zwischen dem Thuner- und Luzernersee (1839) und die über das krystallinische Gebiet zwischen Gotthard und Simplon.

Diesen Abhandlungen waren nicht nur Profilzeichnungen, sondern zum ersten Male auch geologische Karten beigegeben, woraus sich das Hauptwerk Studers, die geologische Karte der Schweiz entwickelte. Er verband sich zu dem wahrhaft grossartigen Unternehmen mit Arnold Escher; die beiden konnten nach eingehenden Arbeiten im Jahre 1853 die erste genaue geognostische Karte der Schweiz auf der zu diesem

Digitized by Google

Zweck von F. M. Ziegler im Massstab von 1 : 380000 entworfenen Karte herausgeben, wofür Studer den Text: die Geologie der Schweiz (1851—1853 in 2 Bänden) lieferte.

Als jedoch später (1842) die ersten Blätter der grossen, von der Eidgenossenschaft auf Empfehlung der naturforschenden Gesellschaft unternommenen Dufour'schen Karte, im Massstabe von 1 : 100000, erschienen waren, wurde diese als Grundlage für die geognostische Darstellung der Schweiz benützt. Unter der Leitung Studers trat zu diesem Zwecke mit Unterstützung der Eidgenossenschaft eine Commission der Geologen der Schweiz zusammen, durch welche im Jahre 1862 die erste Karte ausgegeben werden konnte. Studer erlebte den Schluss die Arbeit nicht mehr, aber das letzte der 25 Blätter, mit 27 Quartbänden an Text und Beilagen, war bei seinem Tode der Vollendung nahe. So hat Studer durch seine Vorarbeiten mit Arnold Escher ein geistiges Andenken hinterlassen, auf das die Schweiz stets mit gerechtem Stolz blicken wird.

Der thätige Mann schloss damit seine Arbeit nicht ab; es erschienen von ihm noch die Geschichte der physischen Geographie der Schweiz (1863), die Abhandlung über den Ursprung der Schweizer Seen (1864), der Index der Petrographie und Stratigraphie, eine alphabetisch geordnete Uebersicht über den Hauptinhalt der Geologie (1872) und eine Abhandlung zur Geologie der Berner Alpen (1886).

Als er im hohen Alter durch Augenschwäche genöthigt war seine Studien einzuschränken, suchte er sich durch Reisen und Aufsuchen seiner Freunde geistig rüstig zu erhalten. Noch nach zurückgelegtem 90. Lebensjahre bestieg er den Rigi und wanderte über hohe Gebirgspässe. Er ging ohne längere Krankheit und ohne Schmerzen aus diesem Leben. Der um die Wissenschaft in so hohem Grade verdiente energische, aber trotzdem überaus einfache Mann

Digitized by Google

wurde in aller Stille, wenig beachtet in unserer rasch lebigen Zeit, zu Grabe getragen.[1])

Alexander Ecker,

Professor der Anatomie und vergleichenden Anatomie in Freiburg, hat sich, wenn er auch der Wissenschaft keine neuen Bahnen eröffnete und keine glänzende Entdeckung sich an seinen Namen knüpfte, doch durch zahlreiche Arbeiten auf dem Gebiete der Morphologie der thierischen Organismen und in letzter Zeit insbesondere der Anthropologie, einen höchst geachteten Namen und den Ruf eines äusserst zuverlässigen Beobachters erworben. Seine Entwicklung fiel noch in die glückliche Zeit, in welcher es für einen Mann möglich war, die Formen der thierischen Organisation und die physiologischen, sowie pathologischen Vorgänge an denselben zu umfassen, und in der die eben von Schwann in der Histologie und von Joh. Müller in der Physiologie gewiesenen Wege reiche Ausbeute gaben.

Ecker wurde geboren am 10. Juli 1816 in Freiburg im Breisgau als Sohn des Professors für Chirurgie und Geburtshilfe an der dortigen Universität, Alexander Ecker. Der letztere stammte aus Böhmen und hatte sich, obwohl er lange Zeit als Chirurg im Kriegslager war, doch eine ungewöhnliche allgemeine Bildung erworben, so dass er noch in hohen Jahren in den Classikern Erholung von schweren Berufsgeschäften suchte; er war von 1797—1829 Professor in Freiburg und genoss dort als gelehrter Arzt und als anregender Lehrer ein grosses Vertrauen.

Nachdem der junge Alexander Ecker das Gymnasium absolvirt hatte, kam er mit 15 Jahren an die Universität Freiburg, wo er zuerst philosophische und naturwissenschaft-

1) Mit Benützung der Nekrologe von L. Rütimeyer, Neues Jahrbuch für Mineralogie, Geologie und Paläontologie 1887. Bd. 2. S. 1; und Leopoldina 1887, Nro. 11 u. 12. S. 112.

Digitized by Google

liche Studien betrieb und dann zur Medizin überging. Es erschien ihm die Wahl dieses Berufes selbstverständlich zu sein und in der That, wenn man bedenkt, dass der Grossvater und der Vater sowie noch mehrere Glieder der Familie Aerzte waren und im elterlichen Hause viel von Medizin die Rede war, so war sein Entschluss ein sehr natürlicher.

Aber es ging ihm wie schon Vielen, welche später aus der Medizin heraus hervorragende Naturforscher geworden sind, die eigentliche Heilkunde zog ihn nicht an, sondern die Naturwissenschaften, besonders die Formenlehre der Thierwelt und des Menschen. Diese Neigung wurde wohl zum Theil wachgerufen durch den Verkehr mit Alexander Braun und Louis Agassiz, welche als junge aufstrebende Naturforscher in sein elterliches Haus kamen, dann auch durch die Bekanntschaft mit Lorenz Oken, der ein alter Freund der Familie war, und dessen biographische Skizze Ecker später (1880) herausgab, sowie durch die emsige Lektüre der Schriften von Blumenbach, besonders der Knochenlehre und des Handbuches der vergleichenden Anatomie, die er in der Bibliothek seines Vaters fand; durch sie wurde damals schon der Grund zu seiner späteren Vorliebe für die Anthropologie gelegt.

Im Jahre 1835 bezog er die Universität Heidelberg, wo er bei Th. Bischoff, der sich vor Kurzem daselbst habilitirt hatte, die Vorlesung über pathologische Anatomie hörte; dieselbe, in der von Joh. Müller begründeten Auffassung als eine Anatomie und Physiologie des kranken Organismus gehalten, führte ihn in dieses Fach ein, für das er längere Zeit eine besondere Neigung behielt.

Nachdem er im Jahre 1837 das Staatsexamen bestanden und den Doktorgrad erlangt hatte, machte er die für junge Aerzte damals übliche Studienreise, um grössere Spitäler zu sehen; sie führte ihn nach Paris, London, Dublin, Edinburg und über Holland nach Wien. Ecker hat es später öfter

Digitized by Google

bereut damals nicht zu Joh. Müller nach Berlin gegangen zu sein. In Wien hörte er Rokitansky und Scoda, die ihm neue Begriffe von der Aufgabe der Medizin beibrachten; bei Ersterem machte er eine Arbeit „Beschreibung einiger Fälle von anomaler Communikation der Herzvorhöfe", welche er später pro venia legendi (1839) vorlegte;[1]) durch Berres, der durch die Herstellung von trefflichen Wachsinjektionen der Blutgefässe sich bekannt gemacht hat, wurde er in die Mikroscopie eingeführt.

Nach Freiburg zurückgekehrt habilitirte er sich (1839) und las über pathologische Anatomie; auch übte er anfangs die ärztliche Praxis aus, gab sie aber auf, als er die Stelle eines Prosektors bei dem eben berufenen vortrefflichen Anatomen J. Arnold erhielt. Zugleich fing er an eifrig mikroscopisch zu arbeiten, mit einem Instrumente, das er in Wien von Plössl erworben hatte.

Im Jahre 1841 wurde er als Prosektor nach Heidelberg an Kobelts Stelle versetzt, wo Tiedemann sein Vorgesetzter war. Er traf dorten noch Bischoff, dessen Zimmer an das seinige stiess; letzterer war gerade eifrig mit der Entwicklungsgeschichte des Hundes beschäftigt und es war Ecker von besonderem Nutzen durch diesen Meister in die Entwicklungsgeschichte eingeweiht zu werden. Ecker hielt Vorlesungen über anatomische Fächer und war auch wissenschaftlich thätig; er schrieb „physiologische Untersuchungen über die Bewegungen des Gehirns und Rückenmarks und den Einfluss der Cerebrospinalflüssigkeit auf dieselben (1843)" und über die unter dem Namen Lippenkrebs zusammengefassten Geschwülste, wobei er zuerst eine aus Epithelgebilden bestehende Form unterschied (1844).

Nach $3^1/_2$ jährigem Aufenthalt in Heidelberg erhielt er

1) Rokitansky's letzte wissenschaftliche Arbeit beschäftigte sich viele Jahre später mit dem gleichen Thema.

Digitized by Google

(1844) einen Ruf als Professor der Anatomie und Physiologie nach Basel, wo er mit einer grossen Anzahl später zu den ersten in ihrem Fache zählender junger Gelehrten zusammentraf. Anfangs mit der Histologie der Blutgefässdrüsen, namentlich dem feineren Bau der Nebennieren (1846), beschäftigt, kam er später durch einen glücklichen Umstand auf zootomische Studien, nämlich durch den Einfluss C. Th. v. Siebold's, welcher 1845 von Erlangen nach Freiburg als Professor der Zoologie, vergleichenden Anatomie und Physiologie berufen worden war; die beiden Collegen besuchten sich häufig, lernten sich gegenseitig schätzen und giengen auch (1847) zur Untersuchung niederer Seethiere mit einander nach Triest.

Mehrere Abhandlungen über die Structur niederer Thiere z. B. die zur Lehre vom Bau und Leben der contractilen Substanz der niedersten Thiere (1848), die Beobachtungen über die Entwicklung der Nerven des elektrischen Organs von Torpedo Galvanii, zur Entwicklungsgeschichte der Infusorien etc. sind Früchte dieses Lebensabschnittes.

Im Jahre 1850 wurde Ecker als Nachfolger des nach Breslau abgegangenen Siebold zum Professor der Zoologie, vergleichenden Anatomie und Physiologie in seiner Vaterstadt Freiburg ernannt, wo er zunächst die zootomische und physiologische Sammlung in einen würdigen Zustand brachte. Später (1857) wurde ihm, nachdem er einen Ruf nach Giessen als Professor der Anatomie und Physiologie an Bischoff's Stelle abgelehnt hatte, nach Kobelt's Tode die Professur für Anatomie und vergleichende Anatomie übertragen, wie es schon längst sein Wunsch war. Nun konnte er sich ausschliesslich morphologischen Arbeiten widmen, wobei die Studien in der vergleichenden Anthropotomie und Rassenanatomie immer mehr in den Vordengrund traten. Es wurde die Sammlung der Rassenschädel geordnet und erweitert; dann das neue höchst gelungene Anatomiegebäude errichtet

Digitized by Google

(1867) und darin die von ihm (1857) gegründete anthropologische Sammlung, sowie die Sammlung für Urgeschichte und Ethnographie aufgestellt. Es verdienen ferner die Bemühungen Ecker's grosse Anerkennung durch die Hand eines geschickten Modelleurs, des später wegen dieser Verdienste zum Doktor ernannten Herrn Ziegler, plastische Darstellungen in Wachs über zahlreiche Vorgänge der Entwicklung von Pflanzen und Thieren in's Leben gerufen zu haben, deren Nutzen für die Belehrung über so schwierige und zarte Objekte ihnen eine weite Verbreitung verschafft hat.

Die wissenschaftlichen Arbeiten Ecker's waren nach dem dargelegten Entwicklungsgang fast ausschliesslich morphologischer Natur, eigentlich physiologische im strengen Sinn des Wortes hat er kaum geliefert. Es sind grösstentheils kleine aber werthvolle Abhandlungen, die sich in Müller's Archiv, im Archiv f. physiologische Heilkunde, in der Zeitschrift für rationelle Medizin, in den Berichten der naturforsch. Gesellschaften zu Basel und Freiburg, und in dem Archiv für Anthropologie finden. Besonders zu erwähnen sind hier noch einige grössere Unternehmungen und Schriften. Zunächst die Icones physiologicae, Erläuterungstafeln zur Physiologie und Entwicklungsgeschichte, welche Rud. Wagner in erster Auflage herausgegeben, Ecker aber in zweiter Auflage vollständig neu und original (von 1851—1854) bearbeitet hat. Diese 31, auch in höchster technischer Vollkommenheit die feineren anatomischen Grundlagen aller physiologischen Lehren darstellenden und umfassenden Tafeln enthalten einen Schatz selbständiger zu jeder Tafel gemachter vortrefflicher Untersuchungen, besonders auch für die Entwicklungsgeschichte der verschiedenen Organe des menschlichen Körpers, in kürzester Darstellung, aus dem mancher Andere ganze Bände von Monographien und Aufsätzen gemacht haben würde. Ecker hat ferner eine „Anatomie des Frosches“ (in drei Abtheil-

Digitized by Google

ungen 1864—82), dieses Märtyrers der Wissenschaft, herausgegeben, welche für die experimentirende Physiologie von grossem Werth ist.

In den fünfziger Jahren wurde in Folge der begeisterten Aufnahme der Lehre Darwin's, sowie in Folge der Entdeckung der Pfahlbauten durch Ferdinand Keller auch in Deutschland das Interesse für die durch Blumenbach begründete Anthropologie als Naturgeschichte und Urgeschichte des Menschen wieder lebendig und es zeigte sich für die überall erwachende Thätigkeit das Bedürfniss nach einem besonderen Organ für diesen Zweig der Wissenschaft; Niemand war geeigneter dazu als Ecker, der 1865 das Archiv für Anthropologie begründete und mit Lindenschmitt seitdem herausgab, auch an der Spitze der Deutschen anthropologischen Gesellschaft stand. In diesem Archiv hat Ecker die Mehrzahl seiner mannigfaltigen anthropologischen Arbeiten veröffentlicht; seine bedeutendste Leistung auf diesem Gebiete waren die „Crania Germaniae meridionalis occidentalis" (1865), durch die er die Schädel aus den fränkisch-alemanischen Reihengräbern sowohl von denen aus den älteren süddeutschen Grabhügeln als auch von denen der jüngeren Bevölkerung scharf trennte und sie mit den Schädeln moderner Nordgermanen in Beziehung brachte.

Am 26. Juli 1881 erlitt Ecker, nachdem er bis dahin kaum eine Beschwerde des Alters empfunden und in ungeschwächter Kraft seine Arbeit gethan hatte, einen Schlaganfall, der ihn dauernd linkseitig lähmte. Er bezeichnete diesen Tag als seinen Todestag, obwohl er noch im Stande war geistig thätig zu sein. Am 20. Mai 1887 erlag er einem erneuten Anfalle im 71. Lebensjahre.

Ecker stand nicht nur durch seine wissenschaftlichen Leistungen bei den Fachgenossen in höchster Achtung, er war auch wegen seiner gewinnenden Liebenswürdigkeit und

Digitized by Google

seiner nur dem Guten zugewandten vortrefflichen Charaktereigenschaften allgemein verehrt [1]).

Laurent Guillaume De Koninck,

Professor an der Universität zu Lüttich, ist am 15. Juli 1887 zu Lüttich gestorben. Er hat sich durch ausgezeichnete Arbeiten auf dem Gebiete der Paläontologie, besonders durch die Beschreibung der Fossilien in der Kohlenformation seines Heimathlandes einen angesehenen Namen erworben.

Er wurde geboren am 3. Mai 1809 zu Löwen. Nachdem er zu Mecheln und zu Löwen seine humanistischen Studien gemacht hatte, kam er, namentlich in Mathematik und der Naturgeschichte wohl vorbereitet, 1828 auf die Universität zu Löwen, welche er noch sehr jung mit dem Diplom eines Candidaten der mathematischen und physikalischen Wissenschaften, und mit dem eines Doktors der Medizin, Geburtshilfe und Pharmazie (1833) verliess; auch hatte er einmal in Folge einer öffentlichen Bewerbung als Vorbereiter für Chemie an der Universität gewirkt.

Er übte darnach kurze Zeit die medizinische Praxis zu Löwen aus, und versah auch die Funktion eines Armenarztes in einem Kirchspiel daselbst. Diese Thätigkeit scheint ihn jedoch nicht befriedigt zu haben, denn wir sehen ihn während der Jahre 1834 und 1835 mit Unterstützung der Regierung auf einer wissenschaftlichen Reise ins Ausland, durch welche er sich vorzüglich in der Chemie auszubilden suchte, denn er arbeitete in den Laboratorien von Gay-Lussac und Thénard zu Paris, von Mitscherlich zu Berlin und von Liebig in Giessen.

Bei der Reorganisation des höheren Unterrichts in

1) Mit Benützung der Selbstbiographie von Alexander Ecker, hundert Jahre einer Freiburger Professoren-Familie (1773—1881) 1886 und Leopoldina 1887 Heft 23 Nro. 11 u. 12. S. 113.

Digitized by Google

Belgien wurde De Koninck 1835 zum Hilfslehrer für gewerbliche Chemie an der Universität zu Gent ernannt; im folgenden Jahre wurde er auf sein Ansuchen hin an die Universität Lüttich als Hilfslehrer für organische Chemie, welche damals in Belgien noch wenig betrieben wurde, versetzt. 1838 erhielt er den Titel eines ausserordentlichen Professors; er las eine Zeit lang über allgemeine unorganische und organische Chemie, später gab er den unorganischen Theil ab und übernahm statt dessen den organischen Theil der gewerblichen Chemie. Er hat das Verdienst zuerst in den chemischen Unterricht in Belgien die jetzt allgemein gültige unitäre Anschauung von der Constitution der chemischen Verbindungen eingeführt zu haben.

Koninck hatte sich mittlerweile in seinen wissenschaftlichen Arbeiten den naturwissenschaftlichen Fächern, besonders der Paläontologie, zugewandt; in Folge davon erhielt er 1847 auch den Unterricht in der letzteren Wissenschaft. Aber erst 1856 wurde er zum ordentlichen Professor dieses Faches ernannt; im Jahre 1876 erfolgte seine Emeritirung als Professor, bei welcher Gelegenheit ihm die Schüler und Freunde zum Zeichen ihrer Verehrung seine Marmorbüste übergaben.

Diese lange Laufbahn Koninckcs war bis in die letzten Lebenstage der wissenschaftlichen Arbeit gewidmet. Seine ersten Publikationen beschäftigten sich mit der Chemie, besonders der organischen. Er gab ein Verfahren der Darstellung von Salicin an; mit Stas entdeckte er in der Rinde der Wurzeln des Apfelbaums das Phloridzin, in dem er einen Ersatz für das Chinin als Fiebermittel gefunden zu haben glaubte, während wir durch neuere Versuche wissen, dass es die merkwürdige Wirkung besitzt den Harn reich an Zucker zu machen; er schrieb ferner über das Populin, über das Kaliumsulfocarbamylat, über die Färberröthe, über die Anwendung von Zinkgefässen in der Haushaltung und ihre Gefahren für die Gesundheit, über das Wasser des artesischen

Digitized by Google

Brunnens zu Ostende. Er hat ausserdem vortreffliche Hilfsbücher für den chemischen Unterricht geschrieben, die Elemente der unorganischen Chemie (1839), den Abriss der Typentheorie (1865) und die Wandtafeln der vorzüglichsten Serien der organischen Verbindungen (1867).

Von weitaus grösserer Bedeutung waren jedoch seine Untersuchungen auf dem Gebiete der Paläontologie, welche seinen Namen berühmt machten und die Entwicklung dieser Wissenschaft in Belgien wesentlich förderten. Es sollen hier nur die hauptsächlichsten derselben erwähnt werden. Er eröffnete sie (1837) mit der Beschreibung der fossilen Muscheln in dem Thon von Baseele, Boom, Schelle etc.; von da an wurde das Studium der in der Erde verborgenen Thierreste vergangener Zeiten seine Lieblingsbeschäftigung. Von 1842—1851 erschien sein grosses, ausgezeichnetes Werk der Beschreibung der fossilen Thiere der Kohlenformation Belgiens; er lieferte darin die genaue Darstellung von 434 Arten, von denen fast die Hälfte neu war. In Folge davon wurden seinem Urtheile die auf Spitzbergen und in China gefundenen Fossilien unterbreitet, die er beschrieb; durch letztere erwies er das Vorkommen einer Devonformation in China.

Es folgten Monographien über die zu den Brachiopoden gehörigen Gattungen Productus und Chonetes. 1855 gab er mit H. Lehon die Untersuchungen über die Crinoideen der Kohlenformation Belgiens, worin sie eine neue Nomenklatur dieser Echinodermen vorschlugen, später die über einige Crinoideen Englands heraus. Im Jahre 1863 erschien von Koninck in den Schriften der Londoner geologischen Gesellschaft die Beschreibung der von Dr. Fleming aus Edinburg in Indien gefundenen Fossilien. Im Jahre 1871 legte er der Akademie den ersten Theil seiner neuen Untersuchungen über die fossilen Thiere der Carbonformation Belgiens, die Be-

Digitized by Google

schreibung der Polypen enthaltend, und 2 Jahre darauf den zweiten Theil dieser Untersuchungen, mit der Monographie der Fossilien der Steinkohlenlager von Bleiberg in Kärnthen vor. Dann kamen die Untersuchungen über die paläozoischen Fossilien von Neusüdwales in Australien, welche Clarke dorten gesammelt und ihm zur Bearbeitung übergeben hatte.

In den letzten Jahren seines Lebens endlich begann er eine grossartige Arbeit, die Herausgabe der Fauna des Kohlenkalks von Belgien in den Annalen des Museums zu Brüssel; fünf Bände derselben, die Fische, Cephalopoden, Gastropoden und Lamellibranchier enthaltend, konnte er noch vollenden, die Beschreibung der Brachiopoden hat er druckfertig hinterlassen.

Dass so grosse Verdienste vielerlei Auszeichnungen fanden, kann nicht Wunder nehmen. Schon 1836 im Alter von 27 Jahren wurde er zum correspondirenden Mitglied der belgischen Akademie der Wissenschaften erwählt, 1842 zum ordentlichen Mitglied; er war Ehrenmitglied der belgischen Akademie der Medizin und erster Präsident der geologischen Gesellschaft in Belgien. Die geologische Gesellschaft zu London erkannte ihm 1853 den Wollastonpreis und 1875 die goldene Wollastonmedaille zu. Im Jahre 1882 erhielt er von der belgischen Akademie den Preis für die beste Arbeit in den Naturwissenschaften in den letzten 5 Jahren, für welche er schon im Jahre 1852 und 1857 vorgeschlagen war. Als Dank für die Beschreibung der Fossilien von Neusüdwales und die Dienste, die er damit der Naturgeschichte dieser Kolonie erwiesen hatte, übersandte ihm die k. Gesellschaft dieses Landes die zu Ehren von Clarke gegründete Medaille. Die Universität Giessen machte ihn 1848 zum Ehrendoktor und die von Würzburg 1865 zum Doktor der Philosophie. Viele Akademieen und wissenschaftliche Gesellschaften hatten ihn

Digitized by Google

zu ihrem Mitgliede erwählt. Man wird seiner Verdienste um die Wissenschaft namentlich in seinem Vaterlande, noch lange gedenken[1]).

Julius von Haast.

Sir Julius von Haast war kaiserlich deutscher Consul zu Christchurch in Neuseeland, Professor der Geologie an der Universität, sowie Gründer und Direktor des naturhistorischen Museums daselbst.

Er gehörte zu denjenigen Deutschen, welche, ohne ihren deutschen Sinn abzulegen, in der Fremde eine neue Heimath gefunden und es daselbst durch hervorragende Leistungen zum höchsten Ansehen gebracht haben. Er hat sich durch seine mit bewundernswürdiger Energie betriebenen Erforschung von Neuseeland die grössten Verdienste zunächst um die Geographie und Geognosie dieser merkwürdigen Insel, dann aber auch um die Zoologie, Botanik, die Anthropologie und Paläontologie erworben.

Julius Haast wurde am 1. Mai 1822 zu Bonn als der Sohn eines Lotterieeinnehmers geboren. Von dem Vater für den Kaufmannsstand bestimmt, ermöglichte es der aufgeweckte Jüngling an der Universität seiner Vaterstadt Vorlesungen zu hören, namentlich über Geologie bei dem Bergrathe Nöggerath, zu dem er auch in persönlichen Verkehr getreten war. Reisen nach Frankreich, die Schweiz und Oesterreich gaben ihm weitere Anregungen für die Naturwissenschaften.

Durch einen Zufall erhielt sein Geschick eine sein ganzes Leben bestimmende Wendung. Eine englische Auswanderungsgesellschaft suchte die Auswanderung nach Neuseeland

1) Mit Benützung der Nekrologe von M. Dewalque, Revue universelle des Mines; von Alphonse Le Roy, Compte rendu des fêtes jubilaires de l'université de Liége, 3. Nov. 1867; Journal de Liége, 19. Juli 1887.

Digitized by Google

anzuregen und hatte zu dem Zweck eine Schrift erscheinen lassen, welche Haast in ihrem Auftrage aus dem Englischen ins Deutsche übersetzte. So kam letzterer in Beziehungen zu jener Gesellschaft, die ihn bestimmte, Neuseeland zu besuchen und darüber einen Bericht zu liefern.

Am 22. Dezember 1858 kam Haast ohne Bekannte und ohne Mittel auf der nördlichen Insel Neu-Seelands in Auckland an und einen Tag darauf fuhr die auf der Rückkehr von der Weltumsegelung begriffene österreichische Fregatte Novara in den Hafen von Auckland ein. Als die dortige Regierung vernahm, dass auf der Novara ein Geologe, Ferdinand Hochstetter, sich befinde, bat sie diesen, die kurz vorher in der Nähe von Auckland entdeckten Kohlenminen zu untersuchen; der hierüber nach einer Woche von Hochstetter erstattete Bericht gefiel so, dass der Commandant der Novara, Wüllerstorf-Urbair, angegangen wurde, den Gelehrten zur Erforschung der geologischen Verhältnisse und der naturgeschichtlichen Vorkommnisse des Landes zurückzulassen. Hochstetter ergriff mit Freuden das Anerbieten und nahm Haast, mit dem er als Landsmann bekannt geworden war, als seinen Gehilfen auf die Expedition mit.

Zwischen den beiden Männern entspann sich durch die gemeinsame Arbeit in dem durch Schönheit und Wunderbarkeit der Natur ausgezeichneten Lande eine Freundschaft, welche nur durch den Tod Hochstetters gelöst werden konnte. Es zeugt gewiss von seltenem Talent, dass Haast unter der Führung Hochstetters nach wenigen Monaten so selbstständig geworden war, um die Erforschung der geologischen Verhältnisse der Insel allein fortsetzen zu können.

Hochstetter brachte 9 Monate auf Neuseeland, mit eifrigster Arbeit beschäftigt, zu. Zuerst untersuchten sie die Umgebung von Auckland mit ihren merkwürdigen colossalen Vulkanen. Von da gingen sie in das Innere des Landes vor bis zu dem oberen Waikatothale mit seinen warmen Seen,

Digitized by Google

Geysern und Vulkanen und von da aus an die West- u. Ostküste der nördlichen Insel. Nach Auckland wieder zurückgekehrt, begaben sie sich nach der Barrier-Insel zur Untersuchung der Kupferlager. Dann giengen sie auf die südliche Insel Neuseelands über nach der durch ihren Reichthum an Gold, Kupfer und Kohlen, sowie durch ihr herrliches Klima berühmten Provinz Nelson.

Hier musste sich Hochstetter von Haast trennen, um nach Europa zurückzukehren, wo er die Ergebnisse der gemeinschaftlichen Thätigkeit, durch welche zuerst genauere Aufschlüsse über die Beschaffenheit Neuseelands gebracht wurden, ausarbeitete; er hatte Haast zur Fortführung der geologischen Erforschung der Provinz Nelson nachdrücklich empfohlen, so dass derselbe zum amtlichen Geologen dieser Provinz, die er während des Jahres 1860 emsig durchforschte, ernannt wurde.

Im Jahre 1861 erhielt Haast eine Berufung nach Christchurch, der Hauptstadt der Provinz Canterbury auf der südlichen Insel, welches in commerciellem Interesse durch einen Tunnel mit dem von ihm durch einen mächtigen Kraterwall getrennten Hafen von Lyttelton verbunden werden sollte. Die feste basaltische Lava schien dem Durchbruch allzugrosse Schwierigkeiten zu bieten; aber Haast wies nach, dass dazwischen auch viel lockeres Conglomerat vorhanden sei und desshalb das Unternehmen nicht so aussichtslos sei. Das grossartige Werk wurde darauf hin gewagt und in verhältnissmässig kurzer Zeit zum glücklichen Ende geführt; durch den Tunnel konnten jetzt zum Vortheil der ganzen Provinz die Produkte des Innern des Landes nach dem Meer geführt werden, aber auch der Wissenschaft brachte es Nutzen durch die offene Darlegung der Schichten des Walles.

Das gelungene Werk verschaffte ihm die Stelle als Geognost der grossen Provinz Canterbury, welche er nun, zum Theil mit seinem Freunde, dem Botaniker A. Sinclair, durch-

Digitized by Google

wanderte und durchforschte (1862 und 1863). Es wurde zunächst das noch von Niemand vorher betretene Quellgebiet des Flusses Rangitata, dann das des Waitaki untersucht. Hier in der grossartigen Hochgebirgslandschaft mit ihren ausgedehnten Gletschern kam er zu seinen Ansichten über die frühere Ausdehnung der Gletscher und über die Eisperiode in Neuseeland, welche er ohne Aenderung des Klimas von einer früheren grösseren Höhe des Gebirges ableitete. Auch entdeckte er einen tiefen Passeinschnitt in der Kette der südlichen Alpen, welcher in der Richtung von Ost nach West vom Wanakasee durch das Thal des Haast River nach dem Meere führt.

1865 reiste er im Auftrage der Regierung nach der noch undurchforschten Waldwildniss des nordwestlichen Theiles der Provinz, wo im Flussgebiete des Taramakau Goldlager aufgefunden worden waren; dann von der Mündung des Waiau-Flusses in das Hochgebirge an der südlichen Küste mit dem grossen Franz-Josef-Gletscher.

G. H. Moore in Glenmark, nordwestlich von Christchurch, hatte in dem dortigen Torfmoor die Knochen (Moaknochen) untergegangener höchst merkwürdiger straussähnlicher Riesenvögel (Dinornida), zum Theil von einer Grösse bis zu 10 Fuss, zugleich mit Ueberresten der Ureinwohner entdeckt; Haast stellte auf Einladung von Moore genaue Untersuchungen hierüber an (1866), in Folge deren das gleichzeitige Vorkommen dieser flugunfähigen Vögel mit dem Menschen sicher gestellt wurde. Später fand Haast in dem Gebiete des Waipara die Reste von riesigen Sauriern.

Dadurch hatte Haast mit der Zeit eine reiche Sammlung naturhistorischer Gegenstände zusammengebracht, welche eine Aufstellung erforderte. Durch Beisteuern der Regierung und von Privaten wurde ein Museum errichtet und 1870 bezogen, welches später durch Anbauten Erweiterungen, auch

Digitized by Google

durch Unterrichtsanstalten, erfuhr und dessen unbesoldeter Direktor Haast wurde.

Nach Auflösung der von ihm bekleideten Stelle als geological Surveyor für Canterbury (1876) blieb er Direktor des Museums und Professor der Geologie an der Universität zu Christchurch. Er hatte sich so durch seine Thatkraft und sein Wissen zu einem der angesehensten Männer der Colonie emporgeschwungen, der in allen wichtigen Fragen des Unterrichts, der Ausnützung der Hilfsquellen des Landes und der Hebung der Gewerbsthätigkeit um seinen Rath gebeten wurde. Er war 1885 der Vertreter Neuseelands bei der grossen „Indian and Colonial Exhibition", welcher schwierigen Aufgabe er sich mit Erfolg unterzog.

Auch durch seine Verdienste um die Wissenschaft wurde er vielfach geehrt. Er war von zahlreichen gelehrten Gesellschaften zum Mitglied erwählt worden, von unserer Akademie im Jahre 1868; von der Royal geographical Society zu London erhielt er für die Erforschung der neuseeländischen Alpen die goldene Medaille; von der Universität Cambridge wurde er zum Doktor promovirt.

Der Kaiser von Oesterreich verlieh ihm den erblichen Adel, die Königin von England die Baronetwürde.

Haast vermittelte eifrig den gelehrten Verkehr jener jungen Colonien mit Europa. Auch liess er sich die Bereicherung der öffentlichen Sammlungen in Deutschland angelegen sein; der hiesigen zoologischen und paläontologischen Sammlung hat er eine werthvolle Collektion neuseeländischer Vögel geschenkt, z. B. Knochen von 9 verschiedenen Arten von Dinornis.

Nach der vorher genannten Ausstellung besuchte er noch die Hauptstädte Europas zum Zweck der Bereicherung des Museums und auch seine alte Heimath am Rhein. Von da an aber kränkelte er und starb nach der Rückkehr nach

Digitized by Google

Christchurch noch in voller Kraft und voll von Plänen am 16. August 1887 unerwartet an einem rasch sich entwickelnden Herzleiden.

Sein Ableben ist ein grosser Verlust für Neuseeland; aber das, was er geschaffen, wird noch lange Zeugniss ablegen für seine unermüdliche Thätigkeit; man beabsichtigt, ihm an der Stätte seiner segensreichen Wirksamkeit zum Zeichen der Dankbarkeit ein Denkmal zu errichten[1]).

Gustav Robert Kirchhoff.

Mit Kirchhoff ist einer der hervorragendsten und scharfsinnigsten Naturforscher unserer Zeit aus dem Leben geschieden, dessen grösste Leistung, die mit Bunsen gemachte Erfindung der Spektralanalyse, wohl die ganze gebildete Welt gekannt und bewundert hat. Selten war es wie ihm einem Gelehrten vergönnt, mit einem Schlage der Wissenschaft ein weites, für eine ganze Anzahl von Zweigen derselben fruchtbares Gebiet zu erschliessen, und zugleich dem menschlichen Geiste etwas ihm früher unerreichbar Scheinendes zugänglich zu machen, nämlich die Materie der durch enorme Räume von unserer Erde getrennten Welten.

So gewaltig auch sein Einfluss durch die Kraft seiner Entdeckung auf die weitesten Kreise war, so blieb er doch stets der rechte Gelehrte, der in aller Stille, unbekümmert um das Treiben der grossen Welt, nur der Wissenschaft sich hingab, und dessen Lebensbeschreibung daher fast nur eine Geschichte seiner wissenschaftlichen Arbeit bildet.

Kirchhoff wurde am 12. März 1824 zu Königsberg geboren, woselbst sein Vater Justizrath war. Er besuchte das Kneiphöf'sche Gymnasium und bezog dann (1842) die Uni-

1) Mit Benützung der Denkrede von Prof. vom Rath in der niederrheinischen Gesellschaft in Bonn, Sitzung am 7. November 1887. S. 217.

Digitized by Google

versität seiner Vaterstadt. Talent und Neigung führten ihn alsbald den mathematischen und physikalischen Studien zu. Er hörte den Mathematiker Richelot, vor Allem aber Franz Neumann, den Vater der neueren theoretischen Physik, der durch seine meisterhaften Vorlesungen und sein mathematisches Seminar auf so viele junge Physiker einen bestimmenden Einfluss ausgeübt hat.

21 Jahre alt veröffentlichte er schon seine erste aus jenem Seminar hervorgegangene bemerkenswerthe Arbeit „über den Durchgang eines elektrischen Stromes durch eine Ebene, insbesondere durch eine kreisförmige". Nachdem er im Jahre 1847 promovirt hatte, habilitirte er sich im folgenden Jahre an der Universität zu Berlin, wo er Vorlesungen über mathematische Physik hielt. Seine vielversprechenden Arbeiten gaben Veranlassung, dass er als junger Mann von 25 Jahren (1850) zum ausserordentlichen Professor für Physik und zum Mitdirektor des physikalischen Instituts neben dem Ordinarius Frankenheim berufen wurde. Ein glückliches Geschick fügte es, dass R. Bunsen im Jahre 1851 von Marburg nach Breslau kam; der scharfsinnige Chemiker erkannte alsbald den hohen Werth des Physikers, so dass derselbe, der schon nach 1 Jahre nach Heidelberg an Gmelin's Stelle übergesiedelt war, im Jahre 1854 keinen Besseren an die frei gewordene Professur für Physik für die Ruperto-Carolina in Heidelberg vorzuschlagen wusste als Kirchhoff. So entwickelte sich ein Freundschaftsbund zwischen den beiden Männern, welcher der Wissenschaft eine der vollendetsten Gaben brachte, und dem von Tiedemann und Gmelin, Wöhler und Liebig an die Seite zu setzen ist.

Kirchhoff's wachsender Ruhm zog Schüler aus allen Ländern nach Heidelberg; seine mathematisch-physikalischen und experimentellen Vorlesungen zeichneten sich durch die sorgfältigste Vorbereitung und die vollendete Durchbildung in der Form, sowie durch die grösste Klarheit in der Dar-

Digitized by Google

stellung der Lehren aus. Im Jahre 1868 hatte er das Unglück sich durch Verstauchung eines Fusses ein hartnäckiges Gelenkleiden zuzuziehen, das ihn lange nöthigte an Krücken zu gehen; obwohl mit der Zeit sich etwas bessernd, verliess ihn dasselbe nie mehr und legte den Grund zu seiner frühzeitigen Kränklichkeit, die ihn später zwang sich auf theoretische Vorlesungen zu beschränken. Man suchte schon 1870 Kirchhoff nach Berlin an Magnus Stelle, dann an die Sonnenwarte zu Potsdam zu berufen; aber erst 1875 gelang es ihn für die Professur der theoretischen Physik zu gewinnen; geistig frisch, körperlich jedoch zusehends abnehmend, hielt er im Wintersemester 1885/86 zum letzten Male seine Vorlesungen und erlag am 17. Oktober 1887 unerwartet einem schmerzlosen Gehirnleiden.

Gleich die ersten Arbeiten Kirchhoffs zeigten die Richtung an, in der die Stärke seines Geistes lag: es war die Ausbildung der mathematischen Methoden zur Berechnung der Naturerscheinungen und die Lösung physikalischer Probleme auf mathematischem Wege. In fast allen Zweigen der Physik begegnet man seinem Einflusse; überall war er bestrebt die mathematischen Gleichungen zu finden, welche den beobachteten Bewegungen, elektrischen, magnetischen und Wärmebewegungen, möglichst genau entsprechen und sie zu berechnen erlauben.

Die elektrischen Erscheinungen nahmen lange Zeit sein Denken in Anspruch. Es folgten sich grundlegende Arbeiten über die Bewegung des elektrischen Stroms in Leitern, über die Stromvertheilung z. B. auf Kugeln, über die Theorie des Condensators, wodurch er den letzteren zu einem der wichtigsten Messapparate statischer Elektricität erhob, zur Theorie des in einem Eisenkörper inducirten Magnetismus und vor Allem die umfassende auf jedes System der Stromverzweigung anwendbare Verallgemeinerung des Ohm'schen Gesetzes, wodurch er den elektrostatischen Beweis dieses Ge-

Digitized by Google

setzes fand. Die nach ihm benannten Gesetze der Stromverzweigung sind die Frucht dieser Bestrebungen.

Eine andere Reihe von theoretischen und experimentellen Untersuchungen beschäftigte sich mit den Verhältnissen der Elastizität, mit den Schwingungen einer elastischen Scheibe und eines unendlich dünnen elastischen Stabes, mit dem Verhältnisse der Quercontraction zur Längendilatation bei Stäben von federhartem Stahl, wobei die Poisson'sche Theorie ihre bestimmte Widerlegung erfuhr.

Weiterhin prüfte er die Bewegung in Flüssigkeiten, so z. B. eines Rotationskörpers in einer Flüssigkeit, die stehenden Schwingungen einer Flüssigkeit, die freien Flüssigkeitsstrahlen.

Auch die Wärmelehre bereicherte er durch seine Abhandlungen über die Spannung des Wasserdampfs unter verschiedenen Verhältnissen, über die Wärmeleitungsfähigkeit des Eisens, über den Einfluss der Wärmeleitung in einem Gase auf die Schallbewegung.

Alle diese Arbeiten werden aber überstrahlt durch die glänzenden Untersuchungen und Ideen über den Zusammenhang zwischen Emission und Absorption von Licht und Wärme, und über die darauf basirte mit Bunsen ausgeführte chemische Analyse durch Spectralbeobachtungen. Die Geschichte dieser Entdeckungen, die Schlag auf Schlag erfolgten, ist für jeden Denkenden von höchstem Interesse; sie ist von Kirchhoff selbst in gerechtester Würdigung seiner Vorgänger geschrieben worden.

Es ist bekannt, dass bei der Trennung der von der Sonne ausgehenden Lichtwellen durch das Prisma im Spektrum die nach Fraunhofer benannten dunklen Linien, über deren Natur man ganz im Unklaren war, erscheint, dass aber bei Anwendung anderer Lichtquellen an Stelle gewisser dunkler Linien helle auftreten, so z. B. im Natronlicht an Stelle der dunkeln Linie D eine helle gelbe Linie. Indem nun Kirchhoff und Bunsen die Beziehungen der dunkeln zu

Digitized by Google

den hellen Linien zu ergründen suchten, glaubten sie die dunkle D-Linie des hellen Sonnenspectrums müsste, wenn man zugleich eine kochsalzhaltige Flamme ins Gesichtsfeld bringt, hellgelb werden, aber siehe da, sie wurde noch dunkler; und erst als sie schwaches Sonnenlicht nahmen, trat die helle Linie auf. Dies war die von beiden Forschern beobachtete Thatsache. Aber es bedurfte des durchdringenden Blickes von Kirchhoff, um alsbald die Erklärung dafür zu finden. Er kam zu der Vorstellung, dass jeder Körper dasjenige Licht von bestimmter Schwingungsdauer absorbirt, welches er aussendet: ist daher der Körper schwach leuchtend und sieht man ihn auf einer helleren Fläche, so sind seine Linien dunkel in hellem Felde; ist jedoch der Körper stark leuchtend auf dunkelm Grund, dann erscheinen die Linien hell auf dunkelm Grund. So gelang ihm die Umkehr des Spektrums, d. h. er sah statt der gelben Natronlinie die dunkle Fraunhofer'sche Linie D, wenn er durch die gelbe Natronflamme die Strahlen eines weissglühenden Körpers gehen liess. So wird durch das zerlegende Prisma die Farbe jedes glühenden Stoffes an einer bestimmten Stelle des Spektrums sichtbar gemacht und vermag man die Bestandtheile eines Gemisches an der Farbe zu erkennen.

Dadurch war die Aufgabe gegeben, die Stoffe zu suchen, welche die Fraunhofer'schen Linien erzeugen, zu deren Lösung der Physiker Kirchhoff und der Chemiker Bunsen sich vereinigten; sie prüften die Spectrallinien der wichtigsten chemischen Elemente mit einem von Steinheil dahier hergestellten grossen Spectralapparat.

Kirchhoff folgerte daraus weiter, dass die von dem glühenden Sonnenkörper ausgehenden Strahlen durch eine Atmosphäre glühender Dämpfe hindurchgehen, welche letztere gewisse Strahlen absorbiren, weil sie selbst fähig sind, dieselben auszusenden, wodurch an dieser Stelle im Sonnenspectrum dunkle Linien entstehen, weil sie sich auf dem hellen Sonnenkörper

Digitized by Google

projiciren. In dieser Weise lassen die dunkeln Linien des Sonnenspectrums die Anwesenheit der Dämpfe von Natrium, Kalium, Calcium, Magnesium, Nickel, Eisen in der Atmosphäre der Sonne erkennen, die des Siliciums ausschliessen, und die stoffliche Zusammensetzung der Gestirne analysiren.

In kürzester Zeit entwickelten sich aus der Spectralanalyse nach mancherlei Seiten hin wichtige Erkenntnisse. Durch die Möglichkeit Spuren von Stoffen aus den hellen Linien zu erkennen, gelang es, zahlreiche neue Elemente wie das Caesium und Rubidium zu entdecken. Das Verhalten des Blutfarbstoffes sowie seiner Zersetzungsprodukte und Verbindungen, und auch anderer im Thierkörper vorkommender Farbstoffe brachte für die Physiologie bedeutungsvolle Fortschritte. Nicht minder wichtig waren die Erfolge für die Physik und auch für die Technik, vor Allem aber für die Astronomie, in der aus der Spectralbeobachtung ein neuer Zweig, die Astrophysik, entspross, durch die in den Weltkörpern die meisten der irdischen Stoffe aufgefunden wurden und die stoffliche Gleichartigkeit des Weltganzen bewiesen wurde. Noch nicht dreissig Jahre sind seit Herstellung des ersten Spectralapparates vergangen und jetzt finden wir das Spectroskop in Hunderttausenden von Exemplaren verbreitet und als unentbehrliches Instrument wie das Mikroskop in den einfachsten Laboratorien.

Es ist besonders hervorzuheben und wohlthuend, dass der Mann, welcher in dieser Art die menschliche Erkenntniss erweiterte und die Lösung der Fragen, die den menschlichen Geist seit Jahrhunderten beschäftigte, anbahnte, ein durch und durch edler Mensch war, den Alle, die ihn kannten, wegen seines reinen Charakters, seiner selbstlosen Bescheidenheit und Liebenswürdigkeit verehrten und bewunderten.[1])

1) Mit Benützung der Nekrologe von Prof. A. Heller in der Allg. Zeitung, Beilage 1887 Nro. 326 vom 24. November und von A.

Digitized by Google

Anton de Bary.

De Bary hat sich ganz hervorragende Verdienste um die Botanik erworben; seine Hauptarbeiten bewegten sich auf dem Gebiete der vergleichenden Anatomie der Pflanzen, vor Allem verdankt ihm die Lehre von den niederen Pilzen ihre jetzige Gestaltung; aber auch in der Systematik sind von ihm einige bedeutsame Leistungen zu verzeichnen.

Er war geboren zu Frankfurt am Main am 26. Januar 1831 als Sohn eines angesehenen Arztes. An dem Senkenbergischen Institut, welches für die Pflege der Naturwissenschaften in der Kaufmannsstadt so wirksamen Einfluss besitzt und denselben so manchen ausgezeichneten Jünger zugeführt hat, fand auch de Bary die erste Anregung zu botanischen Studien. Der damalige Lehrer der Botanik, Georg Fresenius, machte ihn mit der Flora Frankfurts bekannt und erweckte auch sein Interesse für die niedersten Algen und Pilze.

De Bary widmete sich anfänglich wie so viele andere spätere berühmte Naturforscher der Medizin; er besuchte 1849 und 1850 die Universitäten Heidelberg und Marburg und dann Berlin, woselbst er 1852 zum Doktor der Medizin, mit der Dissertation: „de plantarum generatione sexuali", promovirt wurde. Er vernachlässigte aber unterdess die Botanik nicht, wie schon der Titel seiner Dissertation zeigt, denn er war zugleich in Berlin ein eifriger Schüler von Alexander Braun.

Nach Absolvirung der medizinischen Studien betrieb er für kurze Zeit in seiner Vaterstadt die ärztliche Praxis, aber bald erkannte er, dass dieselbe ihn nicht befriedigte, weshalb er ganz der Botanik sich zuwandte.

W. Hofmann in den Berichten der Deutsch. chem. Gesellschaft 1887 Nro. 15 S. 2771; der Festrede von Ludwig Boltzmann 1888 und des Nekrologes in Leopoldina, Dezember 1887 Nro. 23 u. 24 S. 216.

Digitized by Google

Seine wissenschaftliche Laufbahn war eine ungewöhnlich rasche und glänzende. 1854 habilitirte er sich für Botanik in Tübingen, wo damals nach Hugo v. Mohl wirkte; 1855 wurde er als ausserordentlicher Professor nach Freiburg berufen, 1859 daselbst zum ordentlichen Professor ernannt. 1867 kam er als Nachfolger Schlechtendahls nach Halle und 1872 an die neugegründete deutsche Universität Strassburg, deren erster Rektor er war und der er getreu blieb, obwohl er (1887) verlockende Anträge nach Leipzig zu kommen erhielt.

Der Beginn der botanischen Arbeiten de Bary's fiel in die für einen talentvollen Forscher günstige Zeit nach der Auffindung der Zelle als Elementarorganismus der Pflanze durch Schleiden. Es war dadurch die Aufgabe erwachsen, durch mikroskopische Beobachtungen die Lebenserscheinungen der Zellen zu ergründen. De Bary wandte sich zunächst an die niedersten Algen, welche die Strukturverhältnisse und die Vorgänge so klar erkennen lassen; schon 1856 war er im Stande, sein werthvolles Werk: „Untersuchungen über die Familie der Conjugaten, über Keimung der Rivularien und Charen" zu veröffentlichen.

Längere Zeit seines Lebens beschäftigte er sich darnach mit den niederen Pilzen. Tulasne hatte zuerst bei dem mikroskopischen Studium der Entwicklung der niederen Pilze die auffallende Beobachtung gemacht, dass ein und dieselbe Art in verschiedener Weise sich fortpflanzen kann. De Bary nahm diese Beobachtungen auf und begründete durch seine meisterhaften Forschungen die Lehre vom Polymorphismus der Pilze und ebnete den Weg, auf dem die neueren Mykologen vorwärts gehen. Es gelang ihm dies dadurch, dass er zunächst die Beobachtungsmethoden ausbildete, indem er sich nicht damit begnügte, die Pilze auf ihren natürlichen Standorten aufzusuchen, sondern er kultivirte sie mit allen Vorsichtsmassregeln und stellte so auf die sicherste Weise den

Digitized by Google

Zusammenhang unter den verschiedenen Entwicklungsstadien her, die man früherhin nicht selten für ebensoviele verschiedene Gattungen gehalten hatte. In der „Morphologie und Physiologie der Pilze, Flechten und Myxomyceten" (1866) hat er mit bewundernswerthem Fleisse die von Anderen und ihm gefundenen Thatsachen in klarster Darstellung vereinigt.

Bei der Untersuchung der auf moderndem Holze, auf der Lohe etc. lebenden Schleimpilze (Myxomyceten), welche in sterilem Zustande weisse, gelbe, rothe oder violette Schleimklumpen darstellen und bei der Fruchtbildung wie kleine verstäubende Bovisten aussehen, fand er, dass aus den Sporen derselben schwärmende Monaden hervorgehen, die sich in die als Thiere bekannten, sich bewegenden Protoplasmamassen der Amöben verwandeln; daraus gehen schliesslich die mit Sporen und einem hygroscopischen Haarnetz erfüllten Früchte hervor. Ich erinnere mich noch lebhaft, welches Aufsehen es in der botanischen Sektion der Karlsruher Naturforscherversammlung (1858) erregte, als der junge Freiburger Professor die Mittheilung machte, dass die gelbe Lohblüthe in Amöben übergehe und daher sämmtliche Schleimpilze zu den Thieren zu rechen seien, wesshalb er jene Organismen Pilzthiere oder Mycetozoen nannte. (Die Mycetozoen, ein Beitrag zur Kenntniss der niedersten Thiere 1859.)

In einer Reihe von Abhandlungen, Beiträge zur Morphologie und Physiologie der Pilze (1864—1882), in den Schriften des Senkenbergischen Institutes zeigte er zum Theil mit seinem Schüler Woronin, dass der Schimmelpilz, Aspergillus, noch eine zweite Fruchtform besitzt, die man früher als eine besondere Gattung, Eurotium, verzeichnete, bei deren Erzeugung eine Art sexueller Copulation stattfindet; dass dagegen bei dem Rebenmehlthau (Oidium Tuckeri) eine angebliche zweite Fruchtform (Cincinobolus) von einem parasitischen, in die Fäden des ersteren sich einnistenden Schim-

Digitized by Google

melpilz herrühre. In der Abhandlung „Bemerkungen über die Geschlechtsorgane der Ascomyceten“ (1863) stellte er die merkwürdige Thatsache fest, dass der ganze Fruchtkörper dieser Gruppe mit einem Befruchtungsakte beginnt, der an dem Mycelium stattfindet.

Schon in seiner Habilitationsschrift (1853) hatte de Bary die Organisation der sogenannten Rost- und Brandpilze, welche man als exanthematische Erkrankungen der betroffenen Pflanzen ansah, beschrieben und sie als wirkliche Pilze und wahre Parasiten erkannt. Später erkannte er eine doppelte Sporenbildung bei den Rostpilzen, die Sommersporen (Uredosporen) und die Wintersporen (Teleutosporen), und in der Regel selbst eine dritte und vierte Fruchtform (die Aecidium-Früchte und die Spermogonien). Diese Sporen nehmen nun nicht auf dem gleichen Wirthe ihre Entwicklung, sondern auf verschiedenen Pflanzen, ähnlich wie es Siebold für die Bandwürmer beschrieben hatte; so finden sich die Uredo- und Teleutosporen des gewöhnlichen Getreiderostes (Puccinia graminis) nur auf dem Roggen, die Aecidiumfrüchte desselben nur auf dem Berberitzenstrauch, so dass man die Felder vor dem Getreiderost durch Ausrottung der Berberitze bewahren kann.

In einer Anzahl seiner Arbeiten wies er nach, wie die Pilze in das Innere gesunder Pflanzen und Thiere hineinwachsen, wie sie hier weiter vegetiren, um dann ihre Fortpflanzungsorgane wieder an die Luft und ans Licht zu bringen, und wie der ergriffene Organismus dadurch krank gemacht und getödtet wird.

Im Jahre 1861 erschien seine Schrift über die gegenwärtig herrschende Kartoffelkrankheit, ihre Ursache und Verhütung. In dem schwarzen Kraut der kranken Kartoffel hatte man einen Schimmelpilz gefunden und man kam zu der Ansicht, dass der letztere die Krankheitsursache sei; aber erst de Bary brachte Licht in die Art der Verbreitung des

Digitized by Google

Pilzes und der Infektion der Kartoffelpflanze. Nach ihm wachsen die Fruchtfäden der in den Kartoffelblättern wuchernden Perenospora durch die Spaltöffnungen heraus, die Conidien lösen sich ab und werden durch die Luftströmungen weiter geführt; es entwickeln sich aus jeder derselben eine Anzahl von Schwärmsporen, welche keimen; die Keimschläuche bohren sich in das Kartoffelkraut ein oder sie inficiren die Knollen in dem Boden.

In der Beantwortung einer von der Pariser Akademie gegebenen Preisaufgabe fand er, dass noch andere mit dem Kartoffelpilz verwandte Perenosporaarten bei verschiedenen Pflanzen durch geschlechtliche und geschlechtslose Fortpflanzung Epidemieen hervorbringen.

Auch in Thiere können die Pilze einwandern und ihnen den Tod bringen. Die sogenannte Muskardine des Seidenwurms drohte den Seidenbau Oberitaliens zu vernichten. Es ergab sich, dass der auf den genannten Insekten gefundene Schimmelpilz Botrytis aus den Conidien eines Kernpilzes besteht, der auch bei in unseren Gegenden lebenden Raupen auftritt; diese Conidien tödten die Raupe durch die in das Innere einwachsenden Myceliumfäden, welche dann wieder nach Aussen dringen und neue Conidien bilden.

Durch diese Untersuchungen war eine wichtige Frage zur Entscheidung gebracht worden. Namentlich Liebig hatte mit aller Entschiedenheit die Anschauung verfochten, dass die Pilze bei der Kartoffelkrankheit oder der Seidenraupenkrankheit nicht die Erzeuger der Krankheit sind, dass die Krankheit vielmehr primär eine Ernährungsstörung sei und die Pilze erst sekundär in dem dadurch zersetzten Material die Bedingungen ihrer Entwicklung finden; de Bary's Bemühungen ist der sichere Nachweis zu verdanken, dass die Pilze die wirkliche Ursache der Erkrankung sind.

Das jetzige Wissen über die niederen Pilze fasste de Bary schliesslich in seinem Werke: „Vergleichende Morpho-

Digitized by Google

logie und Biologie der Pilze, Mycetozoen und Bakterien" (1884), sowie in seinen Vorlesungen über Bakterien (1887) zusammen.

Merkwürdiger Weise hat de Bary zuletzt noch auf einem ganz anderen Gebiete der Botanik Hervorragendes geleistet, nämlich auf dem Gebiete der höheren Pflanzen durch seine grundlegende vergleichende Anatomie der Vegetationsorgane der Phanerogamen und Farne (1877), und dadurch gezeigt, wie umfassend seine Kenntnisse waren.

Die von Mohl und Schlechtendahl gegründete botanische Zeitschrift redigirte er von 1867 bis zu seinem Tode.

Die Universität Strassburg verdankt ihm das vortrefflich eingerichtete neue botanische Institut, sowie die Gründung des grossen botanischen Gartens mit den Gewächshäusern; an allen Universitäten, an denen er das Fach der Botanik vertrat, pflegte er den botanischen Garten und legte hohen Werth auf ihn. Er wusste eben, dass der Garten für die wissenschaftliche Botanik und den Unterricht eine bedeutungsvolle Aufgabe zu erfüllen hat.

De Bary hat zahlreiche Schüler aus allen Ländern der Erde in seinem Laboratorium versammelt, die seiner dankbarst gedenken werden.

Im September 1887 wohnte er dem Meeting der British Association for the advancement of science bei, wo der verdiente Gelehrte in hohem Grade ausgezeichnet wurde. Dorten bekam er heftige Zahnschmerzen, die ihn zwangen, rascher als er vorhatte, nach Hause zurückzukehren; es entwickelte sich eine unheilvolle Erkrankung, ein Sarkom der Oberkieferhöhle, der er nach 4 Monaten am 19. Januar 1888, allzufrüh für die Wissenschaft, erlag [1]).

1) Mit Benützung der Nekrologe von Prof. Ferdinand Cohn in Breslau in der deutsch.-mediz. Wochenschrift vom 2. Febr. 1888 Nro. 5 S. 98 u. Nro. 6 S. 118, und von K. Wilhelm im botan. Centralblatt 1888 Bd. 34. S. 93. 156 u. 191.

Digitized by Google

Asa Gray.

Asa Gray war der bedeutendste Botaniker Nordamerikas, der die Kenntniss der Flora dieses Erdtheiles wie Keiner vor ihm gefördert hat. Die Fülle und die Besonderheit der tropischen Pflanzenwelt hatte die Aufmerksamkeit der Forscher zunächst nach dem Süden Amerikas gelenkt und erst mit dem allmählichen Vordringen der Kultur in Nordamerika von den Gestaden des atlantischen Meeres über den Mississipi gegen die westlichen Abfälle nach dem grossen Ozean fand auch die Vegetation des Landes Beachtung und gewann die Pflege der Botanik Interesse. So kam es, dass erst im Jahre 1805 durch die Massachusetts-Gesellschaft zur Beförderung des Ackerbaues der erste botanische Garten Nordamerikas zu Cambridge bei Boston und die erste Professur für Botanik an der Harvard-Universität gegründet wurde, die jedoch bald wieder in Verfall geriethen. Asa Gray war es vorzüglich, durch dessen Talent und Fleiss die wissenschaftliche Botanik in Nordamerika festen Boden gewann und aus dessen Schule die jetzigen Botaniker Nordamerikas hervorwuchsen.

Asa Gray wurde am 18. November 1810 in dem Flecken Paris im Staate New-York geboren. Nachdem er in der dortigen Dorfschule den ersten Unterricht erhalten hatte, trat er, wie es damals zur Erlernung der Medizin Sitte war, bei einem Arzte in die Lehre, bei dem er es so weit brachte, dass er mit 21 Jahren zum Doktor der Medizin an der ärztlichen Schule in dem nicht weit von seinem Geburtsorte entfernten Fairfield, promovirt wurde. Er scheint aber an dem ärztlichen Berufe keinen besonderen Geschmack gefunden zu haben, denn wir finden ihn um diese Zeit als Lehrer für naturwissenschaftliche Gegenstände an einer Privatschule in Utica. Er wurde damals mit John Torrey, dem ersten wissenschaftlichen Botaniker Nordamerikas und Professor der

Digitized by Google

Chemie an einer der ärztlichen Schulen in New-York, bekannt, der ihn aufforderte, während eines Jahres (1833 bis 1834) als Assistent bei ihm einzutreten; derselbe erkannte den Werth des jungen Mannes und verschaffte ihm die Curator-Stelle bei einem naturwissenschaftlichen Verein in New-York, die er 5 Jahre lang bekleidete. Hier erhielt er die Zeit, eingehendere botanische Studien zu treiben und Pflanzen zu sammeln.

Durch seine wissenschaftliche Thätigkeit wurde er bald so bekannt, dass man ihm 1838 die Professur für Botanik an der neu gegründeten Universität zu Ann Arbor im Staate Michigan antrug, welche er unter dem Vorbehalte annahm, vorerst eine einjährige Studienreise nach Europa machen zu dürfen, um namentlich zur Förderung der mit Torrey begonnenen „Flora von Nordamerika" die grossen Herbarien kennen zu lernen. Auf dieser Reise machte er die Bekanntschaft der hervorragendsten Botaniker Englands, Frankreichs, Deutschlands und der Schweiz. Besonders werthvoll war für ihn der Verkehr mit William Hooker, der damals die Flora des britischen Nordamerika bearbeitete, und der Besuch der gewaltigen Herbarien Londons.

Im Jahre 1842 hatte ein reicher Bostoner Arzt, Namens Joshua Fisher, ein Capital zur Errichtung einer Professur für Naturgeschichte an der Harvard-Universität zu Cambridge ausgesetzt. Gray erhielt die Professur, womit er die Vorlesungen über Botanik und die Leitung des vorher erwähnten herabgekommenen botanischen Gartens übernahm. Er behielt den botanischen Unterricht bis zum Jahre 1872, wo er ihn einigen Schülern abgab, aber seine wissenschaftliche Thätigkeit bis zu seinem Tode weiter führte.

Sein grosses Herbarium, sowie seine botanische Bibliothek schenkte er (1862) der Harvard-Universität unter der Bedingung, dass für sie ein feuersicheres Haus aufgeführt werde; Nathanael Thayer in Boston war alsbald in edel-

Digitized by Google

müthiger Weise bereit, die nöthigen Mittel zu gewähren und so ist das Herbarium zu Cambridge eine Zierde der dortigen hervorragenden Sammlungen geworden.

Gray hat sich zunächst durch die Herausgabe von botanischen Lehr- und Handbüchern, welche lange Zeit die weiteste Verbreitung in Nordamerika fanden und fast ausschliesslich zum botanischen Studium benützt wurden, grosse Verdienste erworben.

Im Jahre 1837 erschienen zum ersten Male seine „Elemente der Botanik"; später veröffentlichte er ein umfassenderes Lehrbuch „botanical Text-book", dem sich eine Anzahl weiterer Textbücher über mancherlei Fragen der Botanik anschlossen. Als Ergänzung für das Lehrbuch erschien 1848 das Manual of the Botany of the Northern United States.

Im Jahre 1838 unternahm Gray anfangs in Gemeinschaft mit Torrey die Herausgabe seines wichtigsten und grössten Werkes: „Flora of North-America". Es war eine gewaltige Aufgabe, das riesige, immer mehr anwachsende Material zu ordnen und zu verwerthen. 1838 erschienen 2 Theile der Flora als erste Hälfte des ersten Bandes; 1841 und 1842 folgten nach der Rückkehr von seiner ersten europäischen Reise weitere Theile. An dieses grosse Werk schloss sich ebenbürtig sein umfangreiches Werk: „Synoptical Flora of North America" an; leider ist von letzterem nur etwa die Hälfte vollendet, nämlich je der erste Theil des ersten und zweiten Bandes, jedoch werden die Schüler Gray's die Arbeit ihres Lehrers weiter führen.

Von Bedeutung waren die 1837 im American Journal of Science and Arts begonnenen und lange fortgesetzten Rezensionen der wichtigeren Ergebnisse der botanischen Forschung, sowie die Nekrologe der hervorragendsten Botaniker; Gray übte dieses Amt mit scharfem Urtheil und doch mit gerechtem Sinne aus.

Digitized by Google

Gray hat ausserdem eine erhebliche Anzahl wichtiger Monographien, grösstentheils in dem erwähnten American Journal of Science and Arts, herausgegeben, welche neben ungemeiner Vielseitigkeit auch eine treffliche Gabe populärer Darstellung beurkunden.

Ich erwähne von denselben nur die Beschreibung der botanischen Resultate einer Reise in die Albany-Gebirge von Virginien und Nordcarolina. Ferner die Parallele der Flora Japans und Nordamerikas, deren Gemeinsamkeit von ihm bis zur Tertiärepoche nachgewiesen wurde. Viele auf Expeditionen gesammelte Pflanzen wurden seiner Bearbeitung und Bestimmung anvertraut.

Die Theorie Darwins, mit dem er in lebhaftem Verkehr stand, beschäftigte ihn sehr; er lieferte dem englischen Forscher so manches botanische Material z. B. über die Befruchtung der Orchideen. Er war nicht unbedingter Anhänger Darwins; wenn er ihm auch in manchen Punkten zustimmte, so äusserte er doch in anderen frei seine abweichende Meinung. Seine diesbezüglichen Anschauungen sind unter dem Titel: „Darwiniana" (1876), sowie in einem geistvollen Vortrag „Science and Religion" (1879) von ihm zusammengefasst worden.

Durch seine Verdienste um die Wissenschaft stand Gray in hohem Ansehen nicht nur in seinem engeren Vaterlande, sondern auch darüber hinaus. Er war eines der gefeiertsten Mitglieder der berühmten Harvard-Universität, welche lange als Centrum der wissenschaftlichen Bestrebungen Nordamerikas galt; er war Secretär und Präsident der American Academy of Sciences and Arts. Die meisten auswärtigen gelehrten Gesellschaften ehrten ihn, indem sie ihn zu ihrem Mitgliede erwählten; die Achtung, die er genoss, zeigte sich besonders deutlich, als er im Jahre 1887 zum 6. Male Europa und seine Fachgenossen besuchte, wo er überall mit Ehren empfangen wurde.

Digitized by Google

Nach der Rückkunft aus Europa erlitt er im Monat November 1887 einen Schlaganfall, der sich am 26. Januar 1888 wiederholte und dem mit so grossem Erfolge der Wissenschaft gewidmeten Leben am 30. Januar ein Ende setzte [1]).

1) Mit Benützung des Nekrologes in d. pharmaz. Rundschau von Dr Fr. Hoffmann 1888. Bd. 6. Nro. 3.

Digitized by Google

Digitized by Google

Sitzung vom 5. Mai 1888.

1. Herr H. SEELIGER hält einen Vortrag: „zur Photometrie zerstreut reflectirender Substanzen".

2. Herr E. LOMMEL bringt eine Arbeit der Herren H. GÖTZ und A. KURZ in Augsburg: „elektrometrische Untersuchungen" als Nachtrag zu der im Jahrgang 1887 (S. 195) der Sitzungsberichte enthaltenen Abhandlung in Vorlage.

3. Herr P. GROTH macht eine Mittheilung: „über die Elasticität der Krystalle" und demonstrirt 3 zur Erläuterung dieser Verhältnisse geeignete, von Herrn Dr. S. FINSTERWALDER angefertigte Modelle der Elasticitätsflächen; zugleich legt er eine aus Veranlassung der Construction dieser Modelle entstandene Arbeit des Herrn Dr. S. FINSTERWALDER: „über die Vertheilung der Biegungselasticität in dreifach symmetrischen Krystallen" vor.

4. Herr Franz HESSLER liest einen Aufsatz: „Beiträge zur Naturgeschichte der alten Hindu".

5. Herr C. KUPFFER legt eine von dem correspondirenden Mitgliede, Herrn J. VON GERLACH in Erlangen, eingesandte Abhandlung des Privatdozenten an der Universität Erlangen, Dr. F. HERMANN: „Studien über den feinen Bau des Geschmacksorganes" vor.

Digitized by Google

Digitized by Google

Zur Photometrie zerstreut reflectirender Substanzen.

Von H. Seeliger.

(Mit Tafel I.)

(Eingelaufen 5. Mai.)

Man hat sich seit längerer Zeit, besonders seit den Arbeiten Seidel's und Zöllner's daran gewöhnt, das Lambert'sche photometrische Grundgesetz für zerstreut reflectirende Substanzen als Grundlage nicht nur für die Reduction der an Planeten angestellten photometrischen Beobachtungen, sondern auch für gelegentlich auftretende Aufgaben der Physik anzunehmen. Obwohl nun seit längerer Zeit bekannt war und auch von Zöllner hervorgehoben wurde, dass sich dieses Gesetz keineswegs, wie Lambert dachte, als einfache Folgerung der allgemeinen Gesetze, welche bei der räumlichen Ausbreitung der Lichtbewegung eingehalten werden, auffassen lässt und dass eine eventuelle Bestätigung desselben nur auf experimentellem Wege zu erhalten sei, sind doch solche Versuche in genügender Ausdehnung bisher nicht gemacht worden. Denn die von Bouguer und Lambert mitgetheilten Beobachtungen sind zu wenig zahlreich und wohl auch zu wenig genau, um hier mitstimmen zu können. Nur für die analoge Frage bei der strahlenden Wärme liegt eine Beantwortung aus der neuesten Zeit[1]) vor mit dem Ergebnisse,

1) Knut Angström, Ueber die Diffusion der strahlenden Wärme von ebenen Flächen. Wiedemann's Annalen Band 26, 1885. — Sur la diffusion de la chaleur rayonnante etc. Bihang till K. Svenska Vet-Akad. Handlingar, Band 13, Afd. I Nr. 4, 1887.

Digitized by Google

dass das Lambert'sche Gesetz im Grossen und Ganzen d Beobachtungen keineswegs entspricht. Ich bin schon frü auf Grund vorläufiger Versuche[1]) für optische Strahlen demselben Resultate gelangt und kann jetzt durch genau während des Winters 1886—87 angestellte Versuche d näheren Nachweis für die damals ausgesprochenen Ansch ungen beibringen.

Der Uebersichtlichkeit wegen will ich gleich hier wesentlichen Resultate, welche die mitzutheilenden Messun ergeben haben, anführen.

1. Das Lambert'sche Gesetz kann nur ausnahmsw als eine Annäherung an die Wahrheit betrachtet werde Namentlich bei grossen Emanationswinkeln entspricht es nic den beobachteten Helligkeiten.

2. Selbst diejenigen Substanzen, welche man sonst z den exquisit zerstreut reflectirenden rechnet (z. B. Gyp zeigen sehr deutliche Reflexe, d. h. bei ihnen ist die Helligkeit wesentlich grösser, wenn Incidenz- und Emanationswinkel auf verschiedenen Seiten der Normalen liegen, als im andern Falle.

Der Fall, wo diese Reflexe sehr gering sind, kommt in der Natur ebenfalls vor (z. B. bei Sandstein) und es ist ganz plausibel, anzunehmen, dass sogar eine Umkehrung dieser Verhältnisse eintreten kann, so dass also die grössere Helligkeit dann stattfindet, wenn Incidenz- und Emanationswinkel auf derselben Seite der Normale des beleuchteten Flächenstückes liegen.

Es besagt dieses Ergebniss: die Lichtmenge eines ebenen Flächenelementes hängt auch von dem gegenseitigen Azimuth des einfallenden und ausfahrenden Strahlenbündels ab.

3. Einige Aehnlichkeit des Verlaufes der beobachteten Helligkeitscurven ist bei den untersuchten Substanzen wohl

1) Vierteljahrsschrift der A. G. Band 20, pg. 267 ff. 1885.

Digitized by Google

orhanden. Jedoch ist auf der andern Seite die Verschieden-
eit der einzelnen Fälle so gross (namentlich in Folge der
eflexe), dass man nicht erwarten darf, diese verwickelten
rscheinungen durch eine in allen Fällen zutreffende Theorie
arzustellen. Schon a priori ist dies sehr wenig wahrscheinlich,
enn die Diffusion ist offenbar zusammengesetzt aus den beiden
physikalischen Vorgängen der Absorption und Reflexion. In
welcher Weise beide in einander greifen, ist natürlich von
der speciellen Beschaffenheit des Stoffes abhängig und es
erscheint, gegenwärtig wenigstens, nicht sehr wahrscheinlich,
allgemein gültige Beziehungen in dieser Richtung aufstellen
zu können. Namentlich scheint es, wie in Art. 6 noch näher
erörtert werden soll, nicht wahrscheinlich, dass es gelingen
wird, die Möglichkeiten zu umspannen, die bei einem von
der Sonne beleuchteten Planeten auftreten können.

1.

Die mitzutheilenden Versuche sind mit dem einfachen, auf der beigefügten Tafel abgebildeten Apparate angestellt worden, den ich nach vielfachen Versuchen in der Werkstätte der hiesigen Sternwarte habe zusammenstellen lassen. Die Beobachtungen selbst hat Herr K. Oertel auf meinen Wunsch ausgeführt. Diese sind durch die Geschicklichkeit des genannten Herrn so genau ausgefallen, als es nur zu erwarten war. Zum Theil hat der einfache Apparat sogar eine ganz überraschende Uebereinstimmung der Einzelresultate geliefert. Ich lasse nun eine kurze Beschreibung des Instrumentes und der Methode der Beobachtung folgen.

Aus der zu untersuchenden Substanz wurden zwei in allen Stücken möglichst ähnliche, ebene Platten geschnitten. Die eine wurde in den festen Rahmen B eingesetzt und diente, von der mit dem Letzeren fest verbundenen Petroleumlampe L beleuchtet, als Vergleichsobject. Die zweite Platte

Digitized by Google

im Rahmen A hingegen konnte in beliebige Incidenz- (i) und Emanationswinkel (ε) gebracht werden. Sie wurde von einer in die Figur nicht aufgenommenen, verschiebbaren Lampe beleuchtet. Die Beobachtung bestand dann darin, dass die Helligkeit beider, durchaus gleiches Aussehen darbietenden Platten gleich gemacht wurde. Die Möglichkeit, leicht und sicher innerhalb ziemlich weiter Grenzen beliebige Werthe von i und ε einzustellen, beruht auf folgender Einrichtung.

Der Apparat hat nach Art der Repetitionstheodolithen ein doppeltes Axensystem, so dass sowohl der innere Alhidadenkreis allein, der mit A in fester Verbindung steht, als auch der ganze Apparat von NN aufwärts drehbar ist. Die Drehung des inneren Kreises ändert also nur die Lage von A und bewirkt eine Aenderung von i und ε zu gleicher Zeit und im gleichen Betrage. Sie wird an den Nonien nn abgelesen. Um den Einfallswinkel i unabhängig hiervon verändern zu können, wird der ganze Apparat gedreht, wobei also auch die Normallampe mit B und das Sehrohr R mitgeht. Fest bleibt nur der Arm NN und der an ihm befestigte Index I, welcher die Veränderung von i angiebt. Um der in der Zeichnung der Deutlichkeit wegen fortgelassenen Klemme des Alhidadenkreises ausweichen zu können, wurde auch der Arm NN verstellbar eingerichtet. Dieser wurde aber selbtsverständlich innerhalb einer Messungsreihe fest gelassen. Bei der Bewegung des inneren Kreises bleibt B unverändert und es ändert sich also nur die Lage der mit der Feder f an A befestigten Platte.

Das Sehrohr R ist durch ein starkes Blech M an dem Scharniere, welches die Rahmen A und B verbindet, befestigt. Dieses Blech ist in das Rohr hinein bis etwa in die Mitte desselben fortgesetzt, wodurch bewirkt wird, dass links im Gesichtsfeld ein halbkreisförmiger Ausschnitt von A, rechts ein solcher von B erscheint und beide Ausschnitte können also leicht und sicher in Bezug auf ihre Helligkeit ver-

Digitized by Google

glichen werden. Die Beleuchtung von B durch die Lampe L geschah nicht direct, um nicht mit allzu grossen Helligkeiten operiren zu müssen. Es wurde vielmehr L zur Abhaltung falschen Lichtes in eine gut geschwärzte Blechhülse gesteckt, welche in der Höhe der Flamme eine kreisrunde Oeffnung von etwa $1^1/_2$ cm Durchmesser erhielt. Durch diese Oeffnung fiel das Licht auf die davor stehende Glasplatte G und von dieser auf B. G war ausserdem von den auf der Innenseite mit weissem Papier beklebten Pappendeckelstücken P umgeben, wodurch ein einfaches Mittel vorhanden war, die Stärke der Beleuchtung von B nach Belieben zu verändern. Das kleine Gegengewicht g balancirt den rechtsseitigen Theil des ganzen Apparates aus.

Alle Theile des Apparates waren entweder sorgfältig geschwärzt oder mit schwarzem Sammtpapier bedeckt. Von letzterem ist ein kleines, aber wesentliches Stück in der Figur unterhalb M sichtbar. Ueberhaupt war, wie bei allen photometrischen Experimenten, die völlige Abhaltung falschen Lichtes ein recht schwieriges Problem. Es gelang dies schliesslich durch Aufstellung geschwärzter Schirme in passenden Entfernungen, ferner durch schwarze Tücher u. dergl., welche über einzelne Theile des Instrumentes gedeckt wurden.

Die zweite in der Figur nicht abgebildete Petroleumlampe bewegte sich in einem geschwärzten Holzkasten von 130 cm Länge, 10 cm Breite und 18 cm Höhe. Die Stellung der Lampe war an einem in Centimeter getheilten Massstabe direct ablesbar. Die Entfernung des Nullpunktes dieser Theilung vom Centrum des Apparates wurde selbstverständlich für jede Reihe sorgfältig ermittelt. Ebenso selbstverständlich ist es, dass auch hier auf die Fernhaltung aller Reflexe etc. geachtet worden ist. Um auch den Fall der Gleichheit von i und ε (im Folgenden ist dieser Fall mit $i = -\varepsilon$ bezeichnet) beobachten zu können, wurde bei Q ein Spiegel befestigt, der das Licht der beweglichen Lampe nach A reflectirte. Ein Theil seiner

Digitized by Google

Belegung war, um dem Auge des Beobachters freie Aussicht auf A zu gewähren, entfernt worden. Ueber diese Anordnung wird weiter unten noch gesprochen.

Am Schluss dieses Aufsatzes sind die Mittelzahlen der beobachteten Entfernungen l der beweglichen Lampe von A gegeben, für welche gleiche scheinbare Helligkeit von A und B erzielt wurde. Jede solche Zahl ist das Mittel aus mindestens 4 Einstellungen und zwar wurde, um eine etwaige Veränderlichkeit der Lampenhelligkeit nicht zu übersehen, so verfahren, dass in der ersten Hälfte jeder Beobachtungsreihe in einer bestimmten Richtung (z. B. $i + \varepsilon$ wachsend oder bei constantem ε, i wachsend) vorwärts, dann in der zweiten Hälfte derselben Reihe bei denselben Winkelwerthen derselbe Weg in umgekehrter Richtung zurückgelegt wurde. Es hat sich hiebei von Neuem die bekannte Thatsache herausgestellt, dass die Helligkeit von mit Rundbrennern ausgestatteten Petroleumlampen einen hohen Grad von Constanz hat, wenn nur für gehörige Luftzufuhr gesorgt wird.

Zur Erklärung der Zusammenstellung der directen Beobachtungsresultate werden nur wenige Bemerkungen nöthig sein. Der Winkel ε wurde positiv angesetzt, wenn die Richtung von A nach dem Auge r e c h t s (vom Beobachter aus) von der Normale der Platte A sich befand. Im anderen Falle wurde ε negativ angenommen. Für i ist die umgekehrte Zählweise adoptirt worden. Wenn also $i = \varepsilon$, so ist dies die Lage, wie sie bei der regelmässigen Reflexion vorkommt; $i = -\varepsilon$ bedeutet dagegen völlige Gleichheit des Incidenz- und Emanationswinkels.

Der Apparat liess mit besonderer Bequemlichkeit folgende 3 Arten von Beobachtungsreihen ausführen:

1. Spiegelbeobachtungen, die also $i = -\varepsilon$ voraussetzen,
2. Messungen, bei welchen $i + \varepsilon$ constant gelassen wird,
3. solche, bei denen ε constant bleibt und i variirt.

Digitized by Google

In der That sind im Folgenden nur diese 3 Messungsreihen in Anwendung gekommen. Der Umfang, in welchem die Reihen 2) und 3) ausgeführt werden konnten, sind aus der Mittheilung der directen Beobachtungsresultate zu ersehen.

Aus den gemessenen Grössen l findet man die Helligkeiten in einer willkürlichen Scala ausgedrückt sofort, indem diese proportional dem Quadrat von l sind. Da die Intensität der Lampen natürlich nur innerhalb einer Reihe als constant angesehen werden kann, so ist eine Verbindung der einzelnen Reihen nothwendig, die im Folgenden gegeben werden soll. Hierbei wird es, wie überhaupt bei der Reduction von photometrischen Beobachtungen, zweckmässig sein, immer die Logarithmen der Helligkeiten anzugeben. Dies soll im Folgenden ausnahmslos geschehen. Alle Zahlen werden auf 3 Stellen angegeben und die Kennziffer wird hierbei als unwesentlich fortgelassen. Ein Zweifel kann dadurch nirgends entstehen.

2.

Zunächst sollen die Resultate der mit dem Spiegel ausgeführten Messungen gegeben werden[1]). Ich habe gleich die Logarithmen der beiden Helligkeiten, welche den Emanationswinkeln $+\varepsilon$ und $-\varepsilon$ entsprechen, in ein Mittel vereinigt. Es kommt das auf die Annahme hinaus, dass die betreffende Substanz sich unter sonst gleichen Umständen nach allen Seiten hin gleich verhält. Es erscheint dies von vorneherein plausibel, auch sprechen alle angestellten Messungen dafür, dass diese Annahme wenigstens annähernd erfüllt ist.

Zur Vergleichung habe ich in der folgenden Zusammenstellung auch log cos ε angegeben. Wäre das Lambert'sche Gesetz den Beobachtungen entsprechend, so müssten die an-

1) Näheres über die betreffenden Substanzen findet sich in Art. 7.

Digitized by Google

geführten Zahlen nahe mit log cos ε übereinstimmen, weil mit Ausnahme von zwei Stoffen durch Hinzufügung einer Constanten die Helligkeitslogarithmen gleich so angesetzt sind, dass für $i = \varepsilon = 0$ dieser Logarithmus gleich 1000 wird.

Resultate der Beobachtungen mit dem Spiegel.

$i = -\varepsilon$	log cos i	1. Gyps	2. Porzellan	3. Weisser Marmor			4. Alabaster, durchschein.	5. Bräunliches Glaspapier	6. Getrockn. Lehm
				1.	2.	3.			
0°	1000	1000	1000	1000	934	1000	1000	1000	1000
10	993	991	999	904	904	986	990	982	982
20	973	974	978	862	859	969	966	964	971
30	938	947	953	825	819	916	938	916	937
40	884	890	906	775	762	867	897	862	905
50	808	813	851	692	694	798	845	825	862
60	699	733	762	583	576	698	774	689	812
70	534	—	—	400	401	532	605	564	743

$i = -\varepsilon$	7. Rother Ziegelstein	8. Weisse Kreide	9. Sandstein					
			1.	2a.	2.	3.	4.	5.
0°	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000
10	990	981	985	994	990	994	996	988
20	977	956	975	984	974	985	983	977
30	965	919	947	968	953	958	969	952
40	932	870	914	945	914	925	941	919
50	898	810	873	919	866	879	908	867
60	841	712	821	848	810	816	854	800
70	780	613	731	769	708	735	760	723

$i = -\varepsilon$	10. Rothweisser Kalkstein	11. Milchglas			12. Gelbes, rauhes Papier	13. Schiefer		
		1.	2.	3.		1.	2.	3.
0°	1000	1000	1000	1000	1000	1029	1000	1000
10	989	955	991	990	983	976	973	971
20	973	932	967	973	941	942	932	930
30	927	895	925	947	882	897	888	897
40	867	845	875	881	819	868	859	865
50	789	772	806	805	730	825	832	812
60	695	664	708	697	620	772	775	764
70	543	491	551	533	464	709	716	702

Digitized by Google

Wenngleich auf den ersten Blick ersichtlich ist, welche Substanzen dem Lambert'schen Gesetz entsprechen und welche nicht, so wird vielleicht doch eine Uebersicht hierüber erleichtert, wenn folgende kleine Rechnung angestellt wird. Zu den Zahlen, welche derselben Substanz angehören, wird eine Constante addirt, die so gewählt wird, dass die auf diese Weise reducirten Helligkeitslogarithmen im Mittel gleich dem Mittel aller zugehörigen log cos ε sind. Bildet man dann das Mittel aus allen absoluten Werthen der Differenzen zwischen den reducirten Helligkeitslogarithmen und den betreffenden log cos ε und bezeichnet diese Zahl mit ϑ, so wird dieses ϑ immerhin einen Ueberblick gewähren, wie weit das Lambert'sche Gesetz den Beobachtungen entspricht.

Ich habe nun ϑ für die im Vorigen aufgeführten Substanzen abgeleitet. Es ergibt sich für:

Gyps	$\vartheta = 8$	Glaspapier	14	Schiefer	38		57
Porzellan	18	Lehm	58	Kalkstein	8		68
Marmor	27	Ziegel	64	Milchglas	9	Sandstein	49
	16	Kreide	21		7		54
	6	Papier	23		3		66
Alabaster	28						50

Zum Vergleich mag daran erinnert werden, dass 1 % der Helligkeit 4.3 Einheiten in den angeführten Logarithmen ausmacht. Es ergibt sich daraus, dass eigentlich nur bei Kalkstein, Milchglas und Gyps das Lambert'sche Gesetz als Näherung an die Wahrheit betrachtet werden darf. In den meisten andern Fällen sind die Abweichungen so stark, dass von einer Annäherung kaum mehr die Rede sein kann. Aber auch in den zuerst erwähnten Fällen tragen die Abweichungen durchaus den Charakter systematischer Fehler.

3.

Ich gehe nun zu der Bearbeitung der Reihen über, für welche $i + \varepsilon = \text{Const.}$ und $\varepsilon = \text{Const.}$ war. Die Durch-

Digitized by Google

beobachtung solcher Reihen, wenn sie einigermassen vollständig sein sollen, erfordert ziemlich viel Zeit. Es wurden deshalb nur einige der im Vorigen benutzten Substanzen vorgenommen. Ich glaube aber, dass dieses Material genügen dürfte, die an die Spitze dieses Aufsatzes gestellten Sätze ausreichend zu stützen. Ausgewählt für diesen Zweck wurden:

Lehm, Milchglas, Sandstein, Schiefer, Gyps und Porzellan.

Zuerst habe ich zu zeigen, wie die Einzelresultate ausgeglichen worden sind.

Es war dies strenge und in sehr einfacher Weise im Sinne der Methode der kleinsten Quadrate möglich und zwar bei den vier zuerst genannten Substanzen auf rein rechnerischem Wege, während bei den zwei letzten Substanzen die Anordnung der Beobachtungen infolge eines Versehens, das natürlich die Sicherheit des Endresultates nicht beeinträchtigt, wenigstens theilweise eine Interpolation durch ein graphisches Verfahren nöthig machte. Der erste Weg hat den offenbaren Vortheil, dass er jede Willkür ausschliesst und auf ganz strengem Wege die Beurtheilung der Genauigkeit der Beobachtungen ermöglicht. Auch ist es hierbei ganz gleichgültig, ob sich die Helligkeiten mit i und ε stetig oder unstetig ändern. Das Letztere kann sehr wohl eintreten, wärend natürlich die graphische Interpolation nur bei stetigen Aenderungen angewandt werden kann.

Es erscheint nun am zweckmässigsten, wenn ich das angewandte Ausgleichungsverfahren nicht durch allgemeine Symbole kennzeichne, sondern gleich an einem ganz bestimmten Beispiele in Anwendung bringe. Ich wähle hierzu ganz willkürlich die an getrocknetem Lehm angestellten Beobachtungsreihen.

Die aus den Beobachtungsdaten folgenden Helligkeitslogarithmen sind hier:

Digitized by Google

ε	i	(1)
$+80^0$	-70^0	533
$+60$	-50	675
$+40$	-30	729
$+20$	-10	796
0	$+10$	814
-20	$+30$	755
-40	$+50$	661
-60	$+70$	522
		5485

ε	i	(2)
$+80^0$	-50^0	606
$+60$	-30	728
$+40$	-10	767
$+20$	$+10$	796
0	$+30$	731
-20	$+50$	626
-40	$+70$	393
		4647

ε	i	(3)
$+80^0$	-30^0	689
$+60$	-10	761
$+40$	$+10$	762
$+20$	$+30$	736
0	$+50$	601
-20	$+70$	359
		3908

ε	i	(4)
$+80^0$	-10^0	717
$+60$	$+10$	783
$+40$	$+30$	747
$+20$	$+50$	619
0	$+70$	346
		3212

ε	i	(5)
$+80^0$	$+10^0$	769
$+60$	$+30$	792
$+40$	$+50$	695
$+20$	$+70$	405
		2661

ε	i	(6)
$+80^0$	$+30^0$	802
$+60$	$+50$	743
$+40$	$+70$	458
		2003

$\varepsilon = +80^0$	(a)
i	
-70^0	498
-50	571
-30	629
-10	698
$+10$	755
$+30$	758
$+50$	736
	4645

$\varepsilon = +60^0$	(b)
i	
-50^0	652
-30	706
-10	739
$+10$	766
$+30$	764
$+50$	690
$+70$	533
	4850

$\varepsilon = +40^0$	(c)
i	
-30^0	831
-10	872
$+10$	875
$+30$	840
$+50$	752
$+70$	530
	4700

$\varepsilon = -20^0$	(d)
i	
-10^0	881
$+10$	879
$+30$	822
$+50$	699
$+70$	454
	3735

$\varepsilon = +0^0$	(e)
i	
$+10^0$	879
$+30$	817
$+50$	695
$+70$	427
	2818

$\varepsilon = -20^0$	(f)
i	
$+30^0$	836
$+50$	693
$+70$	415
	1944

Digitized by Google

Ich bezeichne nun mit — (1), — (2) etc., — (a), — (b) etc. die Correctionen, welche die mit denselben Symbolen bezeichneten Reihen zu erhalten haben. Diese Correctionen sind zum grössten Theile gleich der Reduction auf gleiche Lichtstärke der benutzten Lampen. Die ausgeglichenen Helligkeitswerthe, deren beobachtete Grössen in der Reihe (1) enthalten sind, seien der Reihe nach (1 a), (1 b) etc. bis (1 h), die der zweiten Reihe (2 a), (2 b) etc., schliesslich dieselben Werthe in den Reihen (a) etc. (a 1), (a 2) etc. so ist selbstverständlich

$$(1a) = (a1);\ (2a) = (a2) \text{ etc.}$$
$$(2a) = (a2);\ (2b) = (b2) \text{ etc.}$$

Die strengen Bedingungsgleichungen lassen sich leicht formiren. Ich schreibe nur die aus der Reihe (1) hervorgehenden in extenso hin:

$$\begin{aligned}
(1) + (1a) &= 533\\
(1) + (1b) &= 675\\
(1) + (1c) &= 729\\
(1) + (1d) &= 796\\
(1) + (1e) &= 814\\
(1) + (1f) &= 755\\
(1) + (1g) &= 661\\
(1) + (1h) &= 522
\end{aligned}$$

Hieraus ergeben sich folgende Normalgleichungen:

$$\left.\begin{aligned}
8\,(1) + \big((1a) + (1b) + \ldots\ldots + (1h)\big) &= 5485\\
7\,(2) + \big((2a) + (2b) + \ldots\ldots + (2g)\big) &= 4647\\
6\,(3) + \big((3a) + (3b) + \ldots\ldots + (3f)\big) &= 3908\\
5\,(4) + \big((4a) + (4b) + \ldots\ldots + (4e)\big) &= 3212\\
4\,(5) + \big((5a) + \ldots\ldots\ldots\ldots + (5d)\big) &= 2661\\
3\,(6) + \big((5a) + (5b) + (5c)\big) &= 2003\\
\hline
&\ 21916
\end{aligned}\right\} A.$$

Digitized by Google

$$\left.\begin{array}{l}
7\,(a) + \{(a1) + (a2) + \ldots\ldots (a7)\} = 4645 \\
7\,(b) + \{(b1) + (b2) + \ldots\ldots (b7)\} = 4850 \\
6\,(c) + \{(c1) + \ldots\ldots\ldots + (c6)\} = 4700 \\
5\,(d) + \{(d1) + \ldots\ldots\ldots + (d5)\} = 3735 \\
4\,(e) + \{(e1) + \ldots\ldots\ldots + (e4)\} = 2818 \\
3\,(f) + \{(f1) + (f2) + (f3)\} \quad = 1944 \\
\hline
\qquad\qquad\qquad\qquad\qquad\qquad 22692
\end{array}\right\} A.$$

$$\begin{array}{rl|rl}
2\,(a1) + (1) + (a) = & 1031 & 2\,(a2) + (2) + (a) = & 1177 \\
2\,(b1) + (1) + (b) = & 1327 & 2\,(b2) + (2) + (b) = & 1434 \\
2\,(c1) + (1) + (c) = & 1560 & 2\,(c2) + (2) + (c) = & 1639 \\
2\,(d1) + (1) + (d) = & 1677 & 2\,(d2) + (2) + (d) = & 1675 \\
2\,(e1) + (1) + (e) = & 1693 & 2\,(e2) + (2) + (e) = & 1548 \\
2\,(f1) + (1) + (f) = & 1591 & 2\,(f2) + (2) + (f) = & 1319 \\
(g1) + (1) \quad = & 661 & (g2) + (2) \quad = & 393 \\
(h1) + (1) \quad = & 522 & & \\
\hline
 & 10062 & & 9185
\end{array}$$

$$\begin{array}{rl|rl}
2\,(a3) + (3) + (a) = & 1318 & 2\,(a4) + (4) + (a) = & 1415 \\
2\,(b3) + (3) + (b) = & 1500 & 2\,(b4) + (4) + (b) = & 1549 \\
2\,(c3) + (3) + (c) = & 1637 & 2\,(c4) + (4) + (c) = & 1587 \\
2\,(d3) + (3) + (d) = & 1558 & 2\,(d4) + (4) + (d) = & 1318 \\
2\,(e3) + (3) + (e) = & 1296 & 2\,(e4) + (4) + (e) = & 773 \\
2\,(f3) + (3) + (f) = & 774 & & \\
\hline
 & 8083 & & 6642
\end{array}$$

$$\begin{array}{rl}
2\,(a5) + (5) + (a) = & 1524 \\
2\,(b5) + (5) + (b) = & 1556 \\
2\,(c5) + (5) + (c) = & 1447 \\
2\,(d5) + (5) + (d) = & 859 \\
\hline
 & 5386
\end{array}$$

$$\begin{array}{rl|rl}
2\,(a6) + (6) + (a) = & 1560 & (a7) + (a) \quad = & 736 \\
2\,(b6) + (6) + (b) = & 1433 & (b7) + (b) \quad = & 533 \\
2\,(c6) + (6) + (c) = & 988 & & \\
\hline
 & 3981 & & 1269
\end{array}$$

Digitized by Google

Man kann hieraus sehr leicht die Symbole (1 *a*), (1 *b*) etc. eliminiren und sieht zugleich, dass nach Bestimmung der Correctionen (*a*), (*b*) etc., (1), (2) etc. und nachdem diese an die Helligkeitslogarithmen angebracht sind, die wahrscheinlichsten Werthe der Letzteren einfach die Mittel derjenigen Werthe sind, die denselben i und ε entsprechen.

Die erwähnte Elimination ergibt ohne weiters:

$$\begin{aligned}
6\,(1) - [(a) + (b) + \ldots + (f)] &= -\ 275\\
6\,(2) - [(a) + (b) + \ldots + (f)] &= -\ 284\\
6\,(3) - [(a) + (b) + \ldots + (f)] &= -\ 267\\
5\,(4) - [(a) + \ldots\ldots + (e)] &= -\ 218\\
4\,(5) - [(a) + \ldots + (d)] &= -\ 64\\
3\,(6) - [(a) + (b) + (c)] &= +\ 25\\
&\overline{-\ 1083}
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
6\,(a) - [(1) + (2) + \ldots + (6)] &= -\ 207\\
6\,(b) - [(1) + \ldots\ldots\ldots + (6)] &= -\ 165\\
6\,(c) - [(1) + \ldots\ldots\ldots + (6)] &= +\ 542\\
5\,(d) - [(1) + \ldots\ldots + (5)] &= +\ 383\\
4\,(e) - [(1) + \ldots + (4)] &= +\ 326\\
3\,(f) - [(1) + (2) + (3)] &= +\ 204\\
&\overline{+\ 1083}
\end{aligned}$$

Die Summe aller Zahlen ist identisch $= 0$. Man kann also, was a priori klar war, eine der Unbekannten (1), (2) etc. (*a*), (*b*) etc. beliebig annehmen.

Ich habe

$$(1) = 0$$

gesetzt. Dann ergibt eine höchst einfache Rechnung:

Digitized by Google

(1) = 0	(*a*) = + 28
(2) = + 2	(*b*) = + 21
(3) = − 1	(*c*) = − 97
(4) = + 2	(*d*) = − 79
(5) = − 16	(*e*) = − 81
(6) = − 24	(*f*) = − 68

Und hiermit die Werthe der ausgeglichenen Helligkeitslogarithmen:

ε	i	(1)		ε	i	(2)	
80^0	-70^0	533	525	80^0	-50^0	608	599
60	− 50	675	673	60	− 30	730	727
40	− 30	729	734	40	− 10	769	775
20	− 10	796	802	20	+ 10	798	800
0	+ 10	814	798	0	+ 30	733	736
− 20	+ 30	755	768	20	+ 50	628	625
− 40	+ 50	661		40	+ 70	395	
− 60	+ 70	522					

ε	i	(3)		ε	i	(4)	
80^0	-30^0	688	657	80^0	-10^0	719	727
60	− 10	760	760	60	+ 10	785	787
40	+ 10	761	778	40	+ 30	749	743
20	+ 30	735	743	20	+ 50	621	620
0	+ 50	600	614	0	+ 70	348	346
− 20	+ 70	358	347				

ε	i	(5)		ε	i	(6)		ε	i	(7)
80^0	$+10^0$	753	783	80^0	$+30^0$	778	786	80^0	$+50^0$	764
60	+ 30	776	785	60	+ 50	719	711	60	+ 70	554
40	+ 50	679	655	40	+ 70	434	433			
20	+ 70	389	375							

Das arithmetische Mittel aus je zwei nebeneinanderstehenden Zahlen ist der wahrscheinlichste Werth der Helligkeitslogarithmen. Wie man sieht, ist die Uebereinstimmung eine ganz vorzügliche.

Auf diese oder wenigstens ganz ähnliche Weise wurden die an den vier zuerst genannten Substanzen angestellten Be-

Digitized by Google

obachtungen berechnet. Bei Porzellan und Gyps wurden durch Curvenzeichnen aus den beiderlei Reihen zunächst die Helligkeiten bestimmt, welche denselben Werthen von i und ε entsprechen und dann nach der soeben auseinandergesetzten Methode ausgeglichen.

Die im Folgenden mitgetheilten Tabellen, deren Anordnung keiner Erklärung bedarf, sind dann aus den ausgeglichenen Zahlen zusammengestellt worden. Es wurde auch hierbei eine Verschiedenheit der beiden Seiten der Platte, von der Normale aus, nicht angenommen, d. h. es wurde die Helligkeit, welche $+i$ und $+\varepsilon$ zugehört, gleich gesetzt derjenigen, welche bei den Winkeln $-i$ und $-\varepsilon$ stattfindet u. s. f.

Um zugleich einen Ueberblick über die völlig ausreichende Genauigkeit der Beobachtungen zu erhalten, wurde wieder die Grösse ϑ berechnet, d. i. das Mittel aller absoluten Fehlergrössen.

1. Lehm.

$\varepsilon =$ / i	-0^0	-20^0	-40^0	-60^0	-80^0	
-70	347	382	434	554	—	
-50	607	621	667	715	764	
-30	735	739	746	781	782	
-10	806	799	770	786	768	$\vartheta = 4.5 = 1\%$
$+10$	806	799	772	760	723	
$+30$	735	762	732	729	678	
$+50$	607	627	661	674	604	
$+70$	347	353	395	522	529	

2. Milchglas. (dicke Platte).

$\varepsilon =$ / i	-0^0	-20^0	-40^0	-60^0	-80^0	
-70^0	498	539	641	880	—	
-50	781	819	879	953	1002	
-30	940	937	971	981	940	
-10	992	997	989	984	937	$\vartheta = 4.6 = 1\%$
$+10$	992	986	954	972	904	
$+30$	940	929	895	890	824	
$+50$	781	787	776	754	670	
$+70$	498	503	524	545	412	

Digitized by Google

3. Sandstein IV.

i \ $\varepsilon =$	-0^0	-20^0	-40^0	-60^0	-80^0
-70^0	522	505	529	566	683
-50	764	753	741	759	793
-30	883	848	855	839	849
-10	937	905	885	882	854
$+10$	937	916	899	877	850
$+30$	883	909	883	863	802
$+50$	764	783	834	822	729
$+70$	522	534	572	664	660

$\vartheta = 6 = 1^1/_2{}^0/_0$

4. Schiefer.

i \ $\varepsilon =$	-0^0	-10^0	-20^0	-30^0	-40^0	-50^0	-60^0	-70^0	-80^0
-80^0	—	318	502	638	693	807	—	—	—
-70	639	658	759	942	939	1024	1209	—	—
-60	812	812	868	965	1031	1136	1248	1338	—
-50	909	936	969	1007	1093	1162	1257	1310	1341
-40	972	1002	1031	1062	1106	1161	1203	1261	1241
-30	1020	1004	1070	1111	1123	1120	1157	1183	1168
-20	1078	1087	1106	1086	1113	1103	1109	1129	1097
-10	1130	1110	1100	1090	1093	1080	1086	1091	1052
0	—	1129	1097	1065	1064	1054	1054	1061	1041
$+10$	1130	—	1080	1057	1022	1033	1034	1036	1019
$+20$	1078	1086	—	1045	1004	1004	1006	1005	990
$+30$	1020	1023	1045	—	984	984	989	959	956
$+40$	972	966	969	996	—	969	952	933	916
$+50$	909	911	899	912	957	—	921	904	873
$+60$	812	792	811	813	831	874	—	871	831
$+70$	639	639	646	667	692	682	780	—	818
$+80$	—	—	363	348	388	431	—	651	—

$\vartheta = 7 = 1^3/_4{}^0/_0$, [1])

1) Wurde nicht aus allen Abweichungen berechnet.

Digitized by Google

5. Gyps.

i	$\varepsilon =$ -0^0	-10^0	-20^0	-30^0	-40^0	-50^0	-60^0	-70^0	-8
-75^0	352	361	366	364	367	—	480	—	
-65	523	535	548	544	566	559	622	—	
-55	658	645	659	671	670	689	698	—	
-45	745	738	727	735	749	741	755	774	7
-35	814	803	794	778	784	801	794	796	7
-25	875	840	836	828	824	823	824	817	7
-15	927	—	861	852	844	840	841	821	8
-5	—	—	881	868	854	846	849	840	8
$+5$	—	—	882	—	851	843	847	825	
$+15$	927	—	—	—	823	845	826	795	7
$+25$	875	—	—	—	798	—	791	768	7
$+35$	814	—	810	—	—	—	732	710	6
$+45$	745	740	750	—	—	—	675	—	5
$+55$	658	661	659	—	—	—	—	—	5
$+65$	523	519	531	539	—	—	—	—	4
$+75$	352	357	—	331	346	—	—	—	

$\vartheta = 4.1 = 1\%$. Hier muss ϑ natürlich kleiner sein als in den späteren Fällen, weil durch Curvenzeichnen schon eine theilweise Ausgleichung stattgefunden hat.

6. Porzellan.

i	$\varepsilon =$ -0^0	-10^0	-20^0	-30^0	-40^0	-50^0	-60^0	-70^0	-8
-80^0	—	233	—	—	—	—	—	—	
-70	491	482	527	518	—	—	—	—	
-60	654	665	646	699	706	—	—	—	
-50	745	744	784	779	789	841	—	—	
-40	831	830	831	869	856	867	899	—	9
-30	893	—	909	896	923	903	895	922	
-20	922	950	912	935	930	958	925	910	9
-10	943	952	965	—	959	940	987	946	8
0	—	—	959	975	970	955	949	976	9
$+10$	943	—	936	949	960	—	938	914	9
$+20$	922	—	—	—	934	932	908	895	8
$+30$	893	876	886	—	889	882	889	—	8
$+40$	831	848	836	—	—	—	803	806	7
$+50$	745	—	779	762	792	—	731	723	6
$+60$	654	651	661	668	669	—	—	—	5
$+70$	491	497	503	—	529	525	—	—	3
$+80$	—	341	—	—	—	—	238	—	

$\vartheta = 3 = 0.7\%$

Digitized by Google

Auch bei Porzellan hat, wie schon erwähnt, eine theilweise auf graphischem Wege erhaltene Ausgleichung stattgefunden, wodurch das kleine ϑ erklärt ist.

Von einer Mittheilung weiterer Ausgleichungsresultate sehe ich, obwohl ich dieselben durchgeführt habe, ab. Die mitgetheilten Tabellen reichen in vielen Fällen aus, um durch Curvenzeichnen in beliebig engen Intervallen interpoliren zu können. Auch möchte es nicht zweckmässig sein, die Abweichungen, welche die Zahlen von einem ganz regelmässigen Verlaufe zeigen, zu verdecken. Diese übersteigen sehr oft den reinen Beobachtungsfehler an Grösse und beweisen, dass ein völlig stetiger Verlauf der Helligkeitscurve nicht stattfindet. Das darf nicht verwundern, denn auch das anscheinend sehr homogene Material ist es thatsächlich weder an der Oberfläche noch in den der Oberfläche nahe gelegenen Schichten, die jedenfalls an der Lichtreflexion theilnehmen.

Auf den ersten Blick ist zu ersehen, dass die Helligkeiten im Allgemeinen bedeutend grösser sind, sobald Incidenz- und Emanationswinkel beide negative Werthe haben. Es entspricht das dem Fall, dass beide Winkel auf derselben Seite der Normalen liegen. Subtrahirt man vom Logarithmus der Helligkeit für die Werthe $-i$ und $-\varepsilon$ den für die Werthe $+i$ und $-\varepsilon$, so werden die Mittelwerthe für die einzelnen ε einen Ueberblick über die Grösse der stattfindenden Reflexe geben. Ich finde nun für diese Mittelwerthe:

	Lehm	Milchglas	Sandstein
$\varepsilon = 20^0$	0	+ 22	− 34
40	+ 14	+ 89	− 45
60	+ 35	+ 159	− 54
80	+ 77	+ 157	+ 34

Digitized by Google

	Schiefer	Porzellan	Gyps
$\varepsilon = 10^0$	+ 14	− 32	+ 1
20	+ 69	+ 10	− 5
30	+ 136	+ 24	(+ 19
40	+ 172	+ 6	+ 18
50	+ 207	+ 24	(− 1)
60	+ 223	+ 42	+ 3[illegible]
70	+ 267	+ 24	+ 44
80	+ 191	+ 70	+ 76

Die Schwankungen in diesen Mittelwerthen sind zum grössten Theile dadurch verursacht, dass nicht bei allen dieselben Incidenzwinkel i vorkamen und im Allgemeinen bekanntlich die Stärke der Reflexe am grössten ist, wenn sowohl i als auch $-\varepsilon$ gross ist. Es ist ja bekannt, dass selbst Stoffe wie Gyps, Porzellan etc. bei sehr grossen Werthen von i und $-\varepsilon$ völlig wie Spiegel reflectiren.

Die Mittelzahlen für Gyps sind an sich sehr unsicher, weil oft nur wenige Differenzen benutzt werden konnten. Die unsichersten von Allen sind die in Klammern gesetzten. Aus den mitgetheilten Zahlen dürfte nun zu Genüge hervorgehen, dass die Reflexe zum Theil sehr bedeutend sind, dabei aber doch bei den verschiedenen Substanzen sehr verschieden.

Bei einem Stoffe, dem Sandsteine, findet gerade das Umgekehrte statt. Die negativen Vorzeichen der obigen Zahlen zeigen dies an.

Schon nach diesen Bemerkungen ist es klar, dass alle Theorien, welche die Helligkeiten nur von den Cosinussen von i und ε abhängig sein lassen, der Wirklichkeit nicht entsprechen können, weil sie von den so bedeutenden Reflexen keine Rechenschaft geben. Es könnte nun aber doch noch die Möglichkeit in den Vordergrund gestellt werden, dass solange i und $-\varepsilon$ in demselben Quadranten liegen, etwa das Lambert'sche Gesetz den beobachteten Thatsachen

Digitized by Google

wenigstens annähernd genügen könnte. Ich will dies in einer Form untersuchen, durch welche auch dann noch die Uebersicht erleichtert wird, wenn man sich nicht mehr allein auf eine Vergleichung mit Lambert's Gesetz (das ja doch nur aus historischen Rücksichten hier immer in den Vordergrund gestellt wird) beschränkt.

Ich habe nun alle beobachteten, in den vorhergehenden Tabellen aufgeführten Helligkeiten mit dem Lambert'schen Gesetze verglichen. Dabei zeigte sich sofort, dass man nicht daran denken kann, für $\varepsilon = 80^0$ von einer Aehnlichkeit im Verlaufe beider Zahlenreihen zu sprechen. Da nun bei so grossen ε in der That Verhältnisse stattfinden, die von einer jeden Theorie nur äusserst schwierig berücksichtigt werden können, habe ich nur einen möglichst guten Anschluss der Beobachtungen an das Lambert'sche Gesetz für Werthe von $\varepsilon < 80^0$ gesucht. Hierauf habe ich das bereits oben erklärte ϑ auch mit Ausschluss der Werthe für $\varepsilon = 80^0$ berechnet. Es ist noch zu erwähnen, dass in den Fällen, wo Beobachtungen für $i > 70^0$ vorliegen, auch diese Werthe bei der Berechnung von ϑ ausgeschlossen wurden. Aber auch so sind die gefundenen Werthe von ϑ derart, dass von einem Anschluss des Lambert'schen Gesetzes an die Beobachtungen wohl nicht die Rede sein kann, ganz abgesehen davon, dass die bei der Berechnung von ϑ ausgeschlossenen Helligkeiten in den allermeisten Fällen gar keine Aehnlichkeit mehr mit den aus jenem Gesetze gefolgerten haben.

Ich glaube also mit Recht, den oben ausgesprochenen Satz als durch die in München angestellten Beobachtungen erwiesen ansehen zu dürfen, dass nämlich das Lambert'sche Gesetz nur in Ausnahmefällen als eine Annäherung an die Wahrheit gelten darf.

Ich führe nun für die einzelnen Stoffe die Zahlen an, die zu log cos i (Lambert's Gesetz) addirt werden müssen, um die beobachteten Helligkeitslogarithmen zu geben:

Digitized by Google

1. Lehm.

i	$\varepsilon = -0^0$	-20^0	-40^0	-60^0	-80^0
$+10^0$	−11	−18	−45	−57	−94
$+30$	−27	0	−30	−23	−84
$+50$	−25	−5	+29	+42	−28
$+70$	−11	−5	+37	+164	+171

$\vartheta = 33$

2. Milchglas.

i	$\varepsilon = -0^0$	-20^0	-40^0	-60^0	-80^0
$+10^0$	+22	+16	−16	+2	−66
$+30$	+25	+14	−20	−25	−91
$+50$	−4	+2	−9	−32	−115
$+70$	−13	−9	+13	+34	−99

$\vartheta = 16$

3. Sandstein.

i	$\varepsilon = -0^0$	-20^0	-40^0	-60^0	-80^0
$+10^0$	−29	−50	−67	−89	−126
$+30$	−28	−2	−28	−58	−109
$+50$	−17	+2	+53	+41	−50
$+70$	+15	+27	+65	+157	+153

$\vartheta = 46$

4. Schiefer.

i	$\varepsilon = -0^0$	-10^0	-20^0	-30^0	-40^0	-50^0	-60^0	-70^0	-80^0
$+0^0$	—	—	+7	−25	−26	−36	−36	−29	−49
$+10$	+47	+39	+3	−26	−61	−50	−49	−47	−64
$+20$	+15	+23	—	−18	−59	−59	−57	−58	−73
$+30$	−8	−5	+17	—	−44	−44	−37	−69	−72
$+40$	−2	−8	−5	+22	—	−5	−22	−41	−67
$+50$	+11	−13	+1	+14	+59	—	+23	+4	−25
$+60$	+23	+3	+22	+24	+42	+85	—	+82	+42
$+70$	+15	+15	+22	+43	+68	+58	+156	—	+74
$+80$	—	—	+33	+18	+58	+101	—	+32	—

$\vartheta = 33$

Digitized by Google

5. Gyps.

i	$\varepsilon =$ -0^0	-10^0	-20^0	-30^0	-40^0	-50^0	-60^0	-70^0	-80^0
$+5^0$	—	—	+16	—	−15	−23	−19	−41	−65
+15	+74	—	—	—	−30	−8	−27	−58	−84
+25	+50	—	—	—	−27	—	−34	−57	−90
+35	+33	—	+29	—	—	—	−49	−71	−99
+45	+27	+22	+32	—	—	—	−53	—	−120
+55	+31	+34	+32	—	—	—	—	—	−100
+65	+29	+25	+37	+45	—	—	—	—	−62
+75	+61	+76	—	+50	+65	—	—	—	—

$\vartheta = 35$

6. Porzellan.

i	$\varepsilon =$ -0^0	-10^0	-20^0	-30	-40^0	-50	-60^0	-70^0	-80^0
$+0^0$	—	—	+5	+21	+16	+1	−5	+22	−35
+10	−4	—	−11	+2	+13	—	−9	−33	−36
+20	−5	—	—	—	+7	+5	−19	−32	−86
+30	+1	−16	−6	—	−3	−10	−3	—	−67
+40	−7	+10	−2	—	—	—	−35	−32	−94
+50	−17	—	+17	0	+30	—	−11	−39	−79
+60	−1	−2	+8	+15	+16	—	—	—	−120
+70	+2	+9	+15	—	+41	+37	—	—	−129
+80	—	+153	—	—	—	—	+50	—	—

$\vartheta = 14$.

4.

Von Wichtigkeit ist die Prüfung, ob die Spiegelbeobachtungen an jenen Substanzen, welche im Artikel (2) vorkommen, Resultate geliefert haben, die mit den zuletzt gefundenen übereinstimmen.

Mit Hülfe der Tabellen auf S. 216 ff. kann man allerdings in manchen Fällen, so bei Gyps und Porzellan, für grössere Werthe von i nur mit mässiger Sicherheit die Helligkeiten für $i = -\varepsilon$ interpoliren. Man erhält so Zahlen, die sich von den für dieselbe Substanz in Artikel 2 ge-

Digitized by Google

fundenen nur durch eine additive Constante unterscheiden sollen.

Ich habe diese Interpolation ausgeführt, indem ich die im letzten Artikel gefundenen Zahlen graphisch durch stetig verlaufende Curven darstellte und dann aus diesen Curven nach einem Verfahren, dessen Auseinandersetzung kaum nöthig sein dürfte, die Helligkeitslogarithmen T (wobei zur Vermeidung grosser Zahlen eine passend erscheinende Constante addirt worden ist) entnommen. Ich führe nun die solchergestalt sich ergebenden Differenzen $T - S$ an, wo S der betreffende in Artikel 2 gefundene Helligkeitslogarithmus ist, wie er aus den Spiegelversuchen hervorgegangen ist.

$T - S$

$i = -\varepsilon$	Lehm	Milchglas	Sandstein	Schiefer	Gyps	Porzellan
10^0	0	0	0	0	0	0
20	− 4	− 3	+ 1	− 2	− 5	+ 8
30	− 8	− 6	− 1	− 7	− 15	− 16
40	− 27	− 40	− 12	− 18	− 35	− 6
50	− 18	− 48	− 12	− 23	− 60	− 23
60	− 23	− 44	− 24	− 42	− 85 :	− 68 :
70	− 38	− 7	− 10	− 59	—	—

Diese Differenzen geben nun zu verschiedenen Bemerkungen Anlass. Die Genauigkeit der einzelnen Messungen, sowie der Verlauf der Zahlen $T - S$ dürfte es sofort klar machen, dass es sich hier nicht um zufällige Beobachtungsfehler handeln kann. Mit grosser Sicherheit ergibt sich vielmehr, dass die Spiegelversuche für grössere i durchschnittlich zu grosse Helligkeiten ergeben haben. Die Differenzen sind allerdings mit Ausnahme von Gyps und Porzellan, namentlich an den mit : bezeichneten Stellen, wo der Verlauf der Curve nur eine höchst unsichere Interpolation gestattete, nicht sehr gross. Jedoch übersteigen dieselben die voraussichtlichen Beobachtungsfehler bei Weitem und treten ausserdem in durchaus systematischer Weise auf. Es

Digitized by Google

müssen also entweder die Spiegelversuche oder die Interpolation aus den in Artikel 3 berechneten ausführlicheren Reihen systematische Fehler aufweisen. Nach der ganzen Art der Beobachtungsmethode glaube ich nicht, dass in den Resultaten des Artikel 3 irgend welche constante Fehler stecken können und ich war anfangs geneigt, den Spiegelversuchen nur ein geringes Gewicht zuzuschreiben. Dass diese in der That nicht völlig einwurfsfrei sind, werde ich näher begründen. Trotzdem aber wird man doch nicht ohne weiters überall, wo diese eine stärkere Abweichung zeigen, alles den Mängeln der angewandten Beobachtungsmethode zuschreiben dürfen. Es lassen sich nämlich Möglichkeiten anführen, die die gefundenen Differenzen sehr wohl erklären können. Wären diese Möglichkeiten nicht vorhanden, so hätte ich wahrscheinlich die Resultate der Spiegelversuche ganz unterdrückt, obwohl ich glaube, dass dieselben unter allen Umständen ein gewisses Interesse verdienen.

Ueberblicken wir zuerst die Umstände, welche die Resultate der Spiegelversuche in systematischer Weise beeinflussen können, so könnten hier etwa folgende Eventualitäten in Frage kommen:

1. Die linearen Abmessungen (l) könnten immer in demselben Sinne fehlerhaft ausgefallen sein. Wenn aber bedacht wird, dass es hier auf die Abmessung der gebrochenen Linie: Lampe — Spiegel — Platte ankommt und infolge der mehrfachen Verstellungen, welche der Apparat erfahren hat, sehr oft eine Aenderung der immer möglichst genau bestimmten Reductionsgrössen eingetreten ist, so muss diese Eventualität als sehr wenig wahrscheinlich abgewiesen werden.

2. Soll die Bedingung $i = -\varepsilon$ wirklich erfüllt sein, so muss die Normale des kleinen Spiegels, den Winkel zwischen den Richtungen nach der Lichtquelle und dem be-

Digitized by Google

leuchteten Theile der Platte halbiren. Hier genügt aber eine ungefähre Orientirung. Es können nämlich zweierlei Abweichungen von der genannten Lage auftreten. Erstens kann die Spiegelnormale ein klein wenig ausserhalb der durch die genannten beiden Richtungen definirten Ebene liegen. Zweitens aber kann die Spiegelnormale innerhalb der Ebene den erwähnten Winkel nicht genau halbiren. Der erste Fehler verfälscht nur die kleineren Winkelwerthe von i in merkbarem Betrage und wird, da die Helligkeit in diesem Falle stets wenig variirt, nicht von Belang sein können. Der zweite Fehler aber verschwindet, wenn man die bei positivem und einem gleich grossen negativen Werthe von i gemessenen Helligkeiten in ein Mittel vereinigt. Aus diesem Grunde wurden die Messungen stets völlig symmetrisch zu beiden Seiten der Normale der Platte ausgeführt. In den am Schlusse mitgetheilten Zahlen müsste also eine solche Fehlerquelle bemerkbar sein und im Mittel würde eine solche nahezu verschwinden. Die Beobachtungen zeigen überdies nichts Aehnliches.

3. Es ist nicht zu leugnen, dass nicht bei allen Einstellungen genau dieselben Spiegeltheile wirksam sind und da der angewandte Spiegel gewiss keiner war, der den höchsten Anforderungen entsprechen könnte, so können sehr wohl systematische Fehler dadurch verursacht worden sein. Daraus aber, dass wenn man die Abweichungen $T - S$ nach den abgelesenen l ordnet, ein ganz offenbarer Gang nicht ersichtlich ist, möchte ich doch schliessen, dass dieser Fehler nicht sehr bedeutend gewesen sein kann. Immerhin liegt hier in der That ein Punkt vor, welcher ernstere Zweifel an der völligen Richtigkeit der Spiegelbeobachtungen zulässt. Ich bin auch geneigt einen Theil der Abweichungen bei Porzellan und Gyps hierin zu suchen. Trotzdem möchte ich aber noch auf einen Umstand aufmerksam machen, der dieselbe Wirkung haben kann. Es ist sehr wohl möglich, dass

Digitized by Google

die Helligkeitscurven in der Nähe der Stellen $i = -\varepsilon$ anders geformt sein können, als die Interpolation aus den obigen Tabellen ergiebt. Mit andern Worten, die dort gewählten Intervalle sind in diesem Falle nicht ausreichend zu einer genügend zuverlässigen Interpolation. Ein ganz ähnliches Vorkommen zeigt, wie ich nachgewiesen habe,[1]) der Saturnring. Die Helligkeitscurve desselben zeigt in der Nähe der Stelle $i = -\varepsilon$ ein Anwachsen, auf das man durch Interpolation nicht schliessen würde. Dass ähnliche Verhältnisse auch bei den zerstreut reflectirenden Oberflächen vorkommen können, dürfte kaum zu bezweifeln sein.

5.

Es ist schon oben bemerkt worden, dass die optischen Vorgänge an zerstreut reflectirenden Substanzen sehr verwickelter Natur sind und dass es nicht wahrscheinlich ist, die beobachteten Eigenthümlichkeiten solcher Substanzen im Einzelnen durch eine allgemeine Theorie erklären zu können. Ganz von selbst drängt sich die Vorstellung auf, dass sowohl regelmässige Reflexionen an der Oberfläche der genannten Substanzen, als auch ein Zurückwerfen des Lichtes aus tiefer gelegenen Schichten stattfindet. Beide Vorgänge treten zu gleicher Zeit und in mehr oder weniger coordinirter Weise auf, weshalb es im Allgemeinen der Wirklichkeit nicht entsprechen dürfte, wenn nur einer derselben zur Erklärung der beobachteten Erscheinungen herangezogen wird. Im Allgemeinen werden nur Stoffe, die einen gewissen Grad von Rauhigkeit an der betrachteten Oberfläche zeigen, zu den zerstreut reflectirenden gerechnet werden, die Grenze aber, wo dies stattfindet, kann wohl in der Theorie, nicht aber in der Praxis definirt werden. Man weiss seit

1) Zur Theorie der Beleuchtung der grossen Planeten. Denkschriften der Münchener Akademie der Wissenschaften 1887.

Digitized by Google

Fresnel, dass bei grossen Einfalls- und Reflexionswinkeln Oberflächen von erheblicher Rauhigkeit vollständige Spiegelbilder ausgedehnterer Objecte liefern, woraus man den Schluss ziehen wird, dass solche Reflexionen, wenn auch nur von sehr kleinen Theilen der Fläche, auch bei andern Einfallswinkeln stattfinden werden. Solche Reflexionen werden sich dadurch bemerkbar machen, dass die betrachtete Fläche einen gewissen Glanz zeigt. In der Natur kommen alle Zwischenstufen zwischen vollkommen matten bis spiegelglatten Oberflächen vor, vielleicht nur mit der Ausnahme, dass beide Enden dieser Reihe niemals auftreten. Dass aber bei vielen Stoffen das Licht in gewisse Tiefen eindringt, ist schon durch das Vorhandensein der specifischen Körperfarbe erwiesen. Instructiv in dieser Beziehung ist die Betrachtung pulverisirter Farbstoffe. Je feiner das Pulver, desto weisslicher erscheint seine Farbe, weil das Licht eben nur von den obersten Schichten zurückgeworfen wird.

Bisher wurde die Photometrie zerstreut reflectirender Substanzen theoretisch nur in den beiden erwähnten einseitigen Richtungen verfolgt. Als die in ihrer Art consequentesten Betrachtungen sind die von Bouguer und neuerdings von Lommel angestellten anzusehen. Während jener Physiker die ganze Erscheinung auf einzelne regelmässige Reflexionen zurückzuführen sucht, verfolgt dieser die Bedingungen, welche die mit dem Eindringen des Lichtes in die Substanz auftretende Absorption nach sich zieht.

Ich möchte hier die Bouguer'sche Vorstellung, der in der Hauptsache freilich nur eine historische Bedeutung beigemessen werden kann, auf etwas allgemeinerer Grundlage verfolgen.

Die Oberfläche der zerstreut reflectirenden Substanz werde als eine Ebene betrachtet. Diese Ebene bezeichnet zwar die Grenze zwischen Substanz und Luft, aber sie thut es nur (wegen der Rauhheit der Oberfläche) im Grossen und

Digitized by Google

Ganzen. Die einzelnen Flächenelemente können über dieselbe hinausragen oder dieselbe auch nicht erreichen. Jedenfalls steht nichts im Wege, anzunehmen, dass die Flächenelemente als kleine Spiegel angesehen werden, welche sehr verschiedene und innerhalb gewisser Grenzen beliebige Neigungen gegen die genannte Ebene haben. Wird angenommen, dass diese Spiegel nach dem gewöhnlichen Reflexionsgesetz wirken, so werden nur jene Licht dem Beobachter zusenden, deren Normale den Winkel: Lichtquelle — Spiegel — Beobachter halbiren. Der letztere Winkel werde mit x bezeichnet, während n die Anzahl der kleinen Spiegel sei, welche die genannte Bedingung erfüllen. Dann wird das ganze betrachtete Flächenstück, wenn Licht und Beobachter in grosser Entfernung angenommen werden, die Lichtmenge

$$q = k\, n\, f\left(\frac{x}{2}\right)$$

dem Beobachter zusenden, wo k eine Constante ist und f die Abhängigkeit der Intensität des reflectirten Lichtstrahles vom Einfallswinkel $\frac{x}{2}$ ausdrückt. Bezeichnet ferner δ den Winkel der Normale der wirksamen Spiegel mit der Normalen der Grenzebene der Substanz und ω das Azimuth derselben in Bezug auf dieselbe Ebene und von einem beliebigen Anfang gerechnet, so wird

$$n = \varphi(\delta, \omega)$$

und das Functionszeichen φ ist für die betreffende Substanz characteristisch, weil es die Häufigkeit der verschiedenen Spiegelrichtungen angiebt. Es ergibt sich jetzt:

$$q = k\, \varphi(\delta, \omega)\; f\left(\frac{x}{2}\right) \qquad (1)$$

Es erübrigt nur noch, δ und ω durch die üblichen Grössen anzugeben. Ist ω_0 das Aizmuth des unter dem

Digitized by Google

Incidenzwinkel i einfallenden Strahlenbündels, $A + \omega_0$ u. dieselben Grössen für die reflectirten Strahlen, so ergi sich sofort:

$$\cos x = \cos i \cos \varepsilon + \sin i \sin \varepsilon \cos A$$

$$\sqrt{2} \cos \frac{x}{2} = \pm \sqrt{1 + \cos i \cos \varepsilon + \sin i \sin \varepsilon \cos A}$$

und mit Hilfe dieser Gleichungen:

$$\left.\begin{aligned} 2 \cos \frac{x}{2} \sin \delta \sin (\omega - \omega_0) &= \sin \varepsilon \sin A \\ 2 \cos \frac{x}{2} \sin \delta \cos (\omega - \omega_0) &= \sin i + \sin \varepsilon \cos A \\ 2 \cos \frac{x}{2} \cos \delta &= \cos i + \cos \varepsilon \end{aligned}\right\}$$

Bei den in den früheren Artikeln besprochenen Beobachtungen war $A = 0$ oder 180^0. Im ersten Falle ist

$$\delta = \frac{i + \varepsilon}{2}; \; x = \pm (i - \varepsilon)$$

Im zweiten Falle hat man

$$\delta = \pm \left(\frac{i - \varepsilon}{2}\right); \; x = i + \varepsilon$$

Die Beleuchtungsgesetze stellen sich also in den beiden Formen dar:

$$\left.\begin{aligned} q &= k \varphi \left(\frac{i + \varepsilon}{2}\right) f\left[\pm \left(\frac{i - \varepsilon}{2}\right)\right] \\ \text{oder} \qquad q &= k \varphi \left[\pm \left(\frac{i - \varepsilon}{2}\right)\right] f\left(\frac{i + \varepsilon}{2}\right) \end{aligned}\right\} \qquad (2)$$

Hierin ist φ eine ganz willkürliche Function, während dies f nur insoweit ist, als man die Abhängigkeit der Intensität des reflectirten Lichtes von dem Einfallswinkel beliebig voraussetzen darf. Weitere Folgerungen an die an-

Digitized by Google

gestellten Betrachtungen zu knüpfen, scheint mir nicht am Platze. Die von Lommel[1]) zuerst consequent durchgeführte Absorptionstheorie führt auf die Formel

$$q = \gamma \cdot \frac{\cos i \cos \varepsilon}{k \cos i + \cos \varepsilon} \qquad (3)$$

worin k eine positive constante Zahl bedeutet. Kürzlich[2]) hat derselbe Physiker die Vorstellungen, welche der Formel (3) zu Grunde liegen, verallgemeinert, indem er die Annahme verfolgte, dass jedes Volumenelement des in Frage kommenden Stoffes nicht nur von der Lichtquelle, sondern auch von den benachbarten Volumenelementen beleuchtet wird. Wie es scheint lässt sich dieser Vorgang nicht durch eine leicht berechenbare Formel ausdrücken. Begnügt man sich indessen mit den beiden ersten Gliedern einer gewissen Reihenentwicklung, zu der das Problem von selbst auffordert, so ergibt sich der Ausdruck (das in (3) vorkommende $k = 1$ gesetzt):

$$q = \gamma \cdot \frac{\cos i \cos \varepsilon}{\cos i + \cos \varepsilon} \left\{1 + \mu \log \left[(1 + \cos i)^{\cos i} (1 + \cos \varepsilon)^{\cos \varepsilon}\right]\right\} \qquad (4)$$

Die Formeln (3) und (4) setzen eine ganz bestimmte Eigenschaft der einzelnen Theile der betrachteten Substanz voraus, nämlich, dass sie die Fähigkeit haben sollen, das empfangene Licht nach allen Seiten mit gleicher Intensität abzugeben; ferner ist die Annahme gemacht worden, dass die Absorption in allen Richtungen gleich stark sei. Es dürfte nun wohl kaum einem Zweifel unterliegen, dass diese Annahme alle in der Natur vorkommenden Fälle nicht umfassen kann. Lässt man sie aber fallen, so sieht man sofort,

---

1) Wiedemann's Annalen Bd. 10, S. 449 ff.; vergleiche auch: Vierteljahrsschr. d. Astron. Ges. Bd. 21, p. 217.

2) Sitzungsberichte der math.-phys. Classe der k. Akademie in München 1887 p. 95.

Digitized by Google

dass man ganz ohne Rechnung die Behauptung aufstellen kann: die Berücksichtigung nur der Absorption, auch ohne Rücksichtsnahme auf eine Oberflächenreflexion, erklärt jedes beobachtete photometrische Verhalten, wenn nur über die Art der Lichtabgabe in den tiefer gelegenen Schichten passende Annahmen gemacht werden. Ohne bestimmte Annahmen wird man wohl keine eigentliche Theorie der Beleuchtung zerstreut reflectirender Substanzen, die erst durch die Beobachtung verificirt werden soll, ausarbeiten können. Aber auch die gewöhnlichen photometrischen Beobachtungen, wie sie z. B. hier vorliegen, werden die physikalischen Vorgänge, welche bei der Beleuchtung der genannten Stoffe eintreten, kaum aufhellen können. Diese Vorgänge sind bisher noch wenig studirt worden und dürfen als noch sehr wenig bekannt bezeichnet werden.

Schiesslich wäre noch zu erwähnen, was ich schon vor längerer Zeit an verschiedenen Orten wiederholt hervorgehoben habe und was auch sonst ziemlich allgemein bekannt, wenngleich von manchen Seiten immer noch nicht gehörig berücksichtigt worden ist, dass das sogenannte Lambert'sche Gesetz bisher weder theoretisch aus zulässigen Betrachtungen abgeleitet worden ist, noch sich, wie die mitgetheilten Beobachtungen ergeben, empirisch bestätigt. Von einigem formalen Interesse wird es vielleicht sein, wenn ich hervorhebe, dass es sich nicht als specieller Fall aus den Bouguer'schen Vorstellungen, wie manchmal behauptet worden, ergibt. Es lässt sich leicht zeigen, dass die Formel (2) durch passende Wahl von φ und f nicht in die Lambert'sche Formel übergeführt werden kann, ausser für ganz specielle Werthe von i und ε.

6.

Zum Schlusse wird es nicht unpassend sein, noch einige Bemerkungen speciell über die Rolle, welche die Beleuchtung

Digitized by Google

zerstreut reflectirender Substanzen in der Astronomie spielt, zu machen.

Dass die weitgehenden Schlüsse in Bezug auf die physikalischen Eigenschaften der Planetenoberflächen, welche bis jetzt beinahe ausschliesslich auf Grundlage der Lambert'schen Formel und hieraus abgeleiteter Albedowerthe aufgebaut worden sind, zum grössten Theile illusorisch sind, habe ich an einem andern Orte[1]) näher beleuchtet. Die Photometrie der Planeten (mit Ausnahme einiger Fälle, zu denen ich das Saturnsystem[2]) rechne) bietet in der That solche Schwierigkeiten dar, dass ein Zweifel an der Möglichkeit der endgültigen Bewältigung derselben gerechtfertigt sein dürfte. Nur wenn der Planet von einer verhältnissmässig dichten Atmosphäre umgeben ist, dürften die Umstände günstiger liegen. Dort wird mit einiger Wahrscheinlichkeit das einfache Absorptionsgesetz (3) oder (4) den thatsächlichen Verhältnissen annähernd entsprechen, obwohl eine einwurfsfreie Begründung dieser Meinung bis jetzt noch nicht ausführbar ist. Dagegen wird eine theoretische Berechnung der Abhängigkeit der von einem Planeten ausgesandten Lichtmenge von der Phase kaum möglich sein, wenn jene in der Hauptsache von einer festen, etwa unserer Erde ähnlichen Oberfläche herrührt. Man stelle sich nur vor, welche photometrischen Verhältnisse unsere Erde einem Beobachter z. B. auf dem Planeten Mars darbieten muss! Die Oberfläche der Erde, wird zum grossen Theile von Wassermassen bedeckt, welche das Licht nicht nur zerstreut reflectiren, sondern auch zum grossen Theil nach den gewöhnlichen Spiegelgesetzen zurückwerfen. Aber auch der letztere Vorgang geschieht hier unter sehr verwickelten Umständen, denn die Meere bilden durchaus keine

1) Vierteljahresschrift der Astron. Ges. 21.

2) Zur Theorie der Beleuchtung der grossen Planeten etc. a. a. O.

Digitized by Google

glatten Flächen, sondern befinden sich fortwährend in einem Zustande mehr oder weniger grosser Unruhe. Welch' complicirte Lichtreflexe an einer unruhigen Wasserfläche auftreten, davon kann man sich aber, wenigstens im kleinen Massstabe, oft genug überzeugen. Hierzu kommen noch die anderen heterogenen Theile der Erdoberfläche mit ihren verschiedenen Farben- und Helligkeitsabstufungen. Welchen verschiedenen Anblick gewähren nicht ausgedehnte Schneemassen, bewaldete, mit Gras bedeckte oder sterile Landstriche etc., von den nicht zu vernachlässigenden Gebirgszügen mit ihren Schatten gar nicht zu reden. Nach welch' verschiedenen Gesetzen solche, in einiger Entfernung durchaus das Aussehen zerstreut reflectirender Flächen darbietende Landstrecken das Licht zurückwerfen, davon kann man sich sehr leicht durch den Augenschein überzeugen. Geht man über eine mit frisch gefallenem Schnee bedeckte Ebene, welche vom Monde[1]) beleuchtet wird, so fällt es auf den ersten Blick auf, dass die in gleichem Azimuth mit dem Mond sich befindenden Theile bei weitem am hellsten erscheinen. Von hier nimmt die Helligkeit nach beiden Richtungen ab und erreicht ihr Minimum in einem von dem früheren um 180° verschiedene Azimuthe. Gerade das Gegentheil bemerkt man mit gleicher Deutlichkeit, wenn man die Helligkeitsvertheilung auf einem etwa mit kurz geschnittenem Gras oder Stoppeln bewachsenen oder auch mit frisch aufgeworfener Ackererde bedeckten Felde studirt. Hier sind ganz entschieden diejenigen Theile die am wenigsten hellen, welche sich mit dem Monde in gleichem Azimuthe befinden und die Helligkeit nimmt von hier aus bis zum diametral gelegenen Puncte fortwährend zu. Eine Erklärung

1) Mondbeleuchtung ist günstiger als der helle Sonnenschein, weil bei ihr die Einzelheiten mehr zu Gunsten der allgemeinen Erscheinung in den Hintergrund treten.

Digitized by Google

dieser Erscheinung ist leicht gegeben. Sie beruht auf ganz gleichen Ueberlegungen, welche bekanntlich zur Erklärung des sogenannten „Heiligenscheines", der um den Kopf der Schattenfigur eines Beobachters auf freiem Felde unter Umständen bemerkt wird,[1]) herangezogen werden. Ein ähnliches Vorkommnis wurde oben am Sandstein beobachtet. — Nach dem Gesagten wird aber die von der Erde ausgesandte Lichtquantität sich in äusserst complicirter Weise zusammensetzen. Sie wird offenbar eine Periode von nahe 24 Stunden aufweisen und wenn die Beobachtungen so ausgeführt sind, dass diese Periode durch andere Umstände verwischt erscheint, wird sich in den Messungen ein gewisser mittlerer Zustand der Erdoberfläche aussprechen. Was wir aber darunter in physikalischem Sinne zu verstehen hätten, ist kaum zu definiren. Nur soviel ist sicher, dass ein solcher mittlerer Zustand photometrisch so zum Ausdruck kommen wird, dass ein Rückschluss auf die speciellere Beschaffenheit der Erdoberfläche kaum möglich sein dürfte.

Was hier von der Erde gesagt wurde, deren Lichtquantitäten einem Marsbewohner eine nicht sicher zu erklärende Lichtcurve darbieten werden, gilt voraussichtlich in ähnlicher Weise für den Beobachter auf der Erde, wenn derselbe die Planeten Mercur, Venus und Mars betrachtet, die wahrscheinlich keine sehr dichte Atmosphäre haben. Die Lichtcurven, welche die Abhängigkeit der Lichtmenge von der Phase angeben, werden hier in sehr verschiedener Form auftreten und eine dem betreffenden Planeten eigenthümliche Gestalt annehmen. Die Beobachtungen scheinen dies bei Mercur und Venus zu bestätigen und machen es also wenig

---

2) Vergl. u. A. v. Winterfeld: Gilbert's Annal. XVIII pg. 57, 1804; Brandes an demselben Orte XIX pg. 366; Lommel: Poggendorff's Annalen Bd. 150 pg. 10.

Digitized by Google

wahrscheinlich in Bezug auf diese Planeten mit Sicherheit mehr aussagen zu können, als dass bei ihnen keine so dichte Atmosphäre vorhanden ist, welche im Stande wäre die von den festen Oberflächentheilen ausgesandten Lichtmengen wesentlich zu verdecken.

7. Die Beobachtungen.

1. Lehm.

ε	i	l	ε	i	l	ε	i	l
+ 80°	− 70°	58.4	+ 80°	− 50°	63.5	+ 80°	− 30°	69.9
+ 60	− 50	68.8	+ 60	− 30	73.1	+ 60	− 10	75.9
+ 40	− 30	73.2	+ 40	− 10	76.5	+ 40	+ 10	76.0
+ 20	− 10	79.1	+ 20	+ 10	79.1	+ 20	+ 30	73.8
0	+ 10	80.7	0	+ 30	73.4	0	+ 50	63.2
− 20	+ 30	75.4	− 20	+ 50	65.0	− 20	+ 70	47.8
− 40	+ 50	67.7	− 40	+ 70	49.7			
60	+ 70	57.7						

ε	i	l	ε	i	l	ε	i	l
+ 80°	− 10°	72.2	+ 80°	+ 10°	76.6	+ 80°	+ 30	79.6
+ 60	+ 10	77.9	+ 60	+ 30	78.7	+ 60	+ 50	74.4
+ 40	+ 30	74.7	+ 40	+ 50	70.4	+ 40	+ 70	53.6
+ 20	+ 50	64.5	+ 20	+ 70	50.4			
0	+ 70	47.1						

$\varepsilon = + 80°$		$\varepsilon = + 60°$		$\varepsilon = + 40°$	
i	l	i	l	i	l
− 70°	56.1	− 50°	67.0	− 30°	82.3
− 50	61.0	− 30	71.3	− 10	86.3
− 30	65.2	− 10	74.0	+ 10	86.6
− 10	70.6	+ 10	76.4	+ 30	83.2
+ 10	75.4	+ 30	76.2	+ 50	75.2
+ 30	75.7	+ 50	70.0	+ 70	58.2
+ 50	73.8	+ 70	58.4		

Digitized by Google

$\varepsilon = +20^0$		$\varepsilon = 0^0$		$\varepsilon = -20^0$	
i	l	i	l	i	l
-10^0	87.2	$+10^0$	87.0	$+30^0$	82.8
$+10$	87.0	$+30$	81.0	$+50$	70.2
$+30$	81.5	$+50$	70.4	$+70$	51.0
$+50$	70.7	$+70$	51.7		
$+70$	53.3				

2. Milchglas (dicke Platte).

ε	i	l	ε	i	l	ε	i	l
$+80^0$	-70^0	51.1	$+80^0$	-50^0	69.2	$+80^0$	-30^0	74.3
$+60$	-50	75.6	$+60$	-30	87.6	$+60$	-10	88.5
$+40$	-30	89.6	$+40$	-10	95.0	$+40$	$+10$	90.0
$+20$	-10	98.2	$+20$	$+10$	99.6	$+20$	$+30$	84.8
0	$+10$	98.2	0	$+30$	93.1	0	$+50$	71.4
-20	$+30$	91.1	-20	$+50$	78.4	-20	$+70$	52.3
-40	$+50$	77.3	-40	$+70$	57.9			
-60	$+70$	59.2						

ε	i	l	ε	i	l	ε	i	l
$+80^0$	-10^0	82.6	$+80^0$	$+10^0$	83.6	$+80^0$	$+30^0$	86.9
$+60$	$+10$	91.4	$+60$	$+30$	90.2	$+60$	$+50$	88.5
$+40$	$+30$	88.4	$+40$	$+50$	80.0	$+40$	$+70$	61.6
$+20$	$+50$	74.6	$+20$	$+70$	54.7			
0	$+70$	52.4						

$\varepsilon = +80^0$		$\varepsilon = +60^0$		$\varepsilon = +40^0$	
i	l	i	l	i	l
-70^0	46.4	-50^0	71.4	-30^0	76.4
-50	62.2	-30	84.3	-10	82.7
-30	74.8	-10	92.4	$+10$	86.6
-10	82.4	$+10$	92.8	$+30$	85.3
$+10$	87.3	$+30$	92.6	$+50$	75.8
$+30$	85.5	$+50$	90.6	$+70$	57.6
$+50$	92.2	$+70$	82.9		

Digitized by Google

$\varepsilon = +20^0$	
i	l
-10^0	87.4
$+10$	88.5
$+30$	83.0
$+50$	72.4
$+70$	51.4

$\varepsilon = 0^0$	
i	l
$+10^0$	88.4
$+30$	82.8
$+50$	68.7
$+70$	49.1

$\varepsilon = -20^0$	
i	l
$+30^0$	81.9
$+50$	68.7
$+70$	49.1

3. Sandstein IV.

ε	i	l
$+80^0$	-70^0	62.2
$+60$	-50	75.0
$+40$	-30	81.2
$+20$	-10	85.6
0	$+10$	88.2
-20	$+30$	84.3
-40	$+50$	77.1
-60	$+70$	63.4

ε	i	l
$+80^0$	-50^0	69.7
$+60$	-30	80.8
$+40$	-10	85.2
$+20$	$+10$	85.5
0	$+30$	81.8
-20	$+50$	74.4
-40	$+70$	58.1

ε	i	l
$+80^0$	30^0	79.3
$+60$	-10	84.3
$+40$	$+10$	84.7
$+20$	$+30$	81.6
0	$+50$	74.7
-20	$+70$	56.5

ε	i	l
$+80^0$	-10^0	80.2
$+60$	$+10$	83.2
$+40$	$+30$	81.4
$+20$	$+50$	72.3
0	$+70$	54.6

ε	i	l
$+80^0$	$+10^0$	80.9
$+60$	$+30$	80.1
$+40$	$+50$	71.1
$+20$	$+70$	52.9

ε	i	l
$+80^0$	$+30^0$	78.8
$+60$	$+50$	72.1
$+40$	$+70$	54.2

$\varepsilon = +80^0$	
i	l
-70^0	75.2
-50	80.1
-30	87.3
-10	92.4
$+10$	92.2
$+30$	92.4
$+50$	86.4
$+70$	76.1

$\varepsilon = +60^0$	
i	l
-50^0	92.8
-30	96.5
-10	97.6
$+10$	98.4
$+30$	92.4
$+50$	84.2
$+70$	68.2

$\varepsilon = +40^0$	
i	l
-30^0	88.0
-10	88.7
$+10$	88.4
$+30$	84.3
$+50$	74.1
$+70$	58.8

Digitized by Google

$\varepsilon = +20^0$		$\varepsilon = 0^0$		$\varepsilon = -20^0$	
i	l				
-10^0	92.0	$+10^0$	94.2	$+30^0$	94.5
$+10$	91.5	$+30$	91.3	$+50$	81.7
$+30$	86.3	$+50$	78.0	$+70$	62.0
$+50$	76.6	$+70$	60.0		
$+70$	59.1				

4. Schiefer.

ε	i	l	ε	i	l	ε	i	l
$+80^0$	-70^0	73.6	$+80^0$	-60^0	56.8	$+80^0$	-50^0	66.1
$+70$	-60	79.5	$+70$	-50	62.2	$+70$	-40	71.6
$+60$	-50	84.1	$+60$	-40	64.2	$+60$	-30	74.1
$+50$	-40	88.4	$+50$	-30	67.2	$+50$	-20	75.5
$+40$	-30	92.7	$+40$	-20	69.9	$+40$	-10	77.9
$+30$	-20	97.5	$+30$	-10	73.3	$+30$	0	81.5
$+20$	-10	102.3	$+20$	0	76.9	$+20$	$+10$	83.9
$+10$	0	107.4	$+10$	$+10$	77.9	$+10$	$+20$	83.6
0	$+10$	106.9	0	$+20$	74.5	0	$+30$	77.4
-10	$+20$	102.2	-10	$+30$	70.5	-10	$+40$	72.8
-20	$+30$	98.0	-20	$+40$	65.8	-20	$+50$	67.4
-30	$+40$	92.8	-30	$+50$	61.4	-30	$+60$	60.6
-40	$+50$	88.1	-40	$+60$	55.9	-40	$+70$	52.9
-50	$+60$	80.0	-50	$+70$	47.6	-50	$+80$	39.3
-60	$+70$	71.8						
-70	$+80$	61.9						

ε	i	l	ε	i	l	ε	i	l
$+80^0$	-40^0	72.1	$+80^0$	-30^0	78.3	$+80^0$	-20^0	76.0
$+70$	-30	75.9	$+70$	-20	82.8	$+70$	-10	81.6
$+60$	-20	79.7	$+60$	-10	85.6	$+60$	0	82.5
$+50$	-10	82.4	$+50$	0	87.4	$+50$	$+10$	85.4
$+40$	0	86.2	$+40$	$+10$	89.9	$+40$	$+20$	87.9
$+30$	$+10$	88.6	$+30$	$+20$	90.5	$+30$	$+30$	88.3
$+20$	$+20$	90.5	$+20$	$+30$	88.8	$+20$	$+40$	81.4
$+10$	$+30$	84.0	$+10$	$+40$	82.1	$+10$	$+50$	72.2
0	$+40$	78.6	0	$+50$	73.5	0	$+60$	63.4
-10	$+50$	72.1	-10	$+60$	64.5	-10	$+70$	51.3
-20	$+60$	63.9	-20	$+70$	53.5	-20	$+80$	35.1
-30	$+70$	54.7	-30	$+80$	36.9			
-40	$+80$	37.4						

Digitized by Google

ε	i	l
$+80^0$	-10^0	82.6
$+70$	0	86.8
$+60$	$+10$	89.7
$+50$	$+20$	91.3
$+40$	$+30$	91.1
$+30$	$+40$	86.4
$+20$	$+50$	76.7
$+10$	$+60$	64.8
0	$+70$	52.4

ε	i	l
$+80^0$	$+0^0$	85.2
70	10	89.6
60	20	91.5
50	30	91.7
40	40	90.2
30	50	81.1
20	60	67.6
10	70	54.3

ε	i	l
$+80^0$	$+10^0$	81.5
$+70$	$+20$	88.5
$+60$	$+30$	93.8
$+50$	$+40$	93.7
$+40$	$+50$	86.5
$+30$	$+60$	74.5
$+20$	$+70$	58.1
$+10$	$+80$	39.6

ε	i	l
$+80^0$	$+20^0$	87.9
$+70$	$+30$	95.9
$+60$	$+40$	99.6
$+50$	$+50$	96.2
$+40$	$+60$	81.5
$+30$	$+70$	65.5
$+20$	$+80$	44.6

ε	i	l
$+80^0$	$+30^0$	93.4
$+70$	$+40$	102.1
$+60$	$+50$	103.9
$+50$	$+60$	92.6
$+40$	$+70$	72.9
$+30$	$+80$	50.7

ε	i	l
$+80^0$	$+40^0$	118.2
$+70$	$+50$	127.0
$+60$	$+60$	116.8
$+50$	$+70$	92.7
$+40$	$+80$	62.2

ε	i	l
$+80^0$	$+50^0$	131.6
$+70$	$+60$	128.0
$+60$	$+70$	112.1
$+50$	$+80$	72.1

$\varepsilon = +80^0$	
i	l
-70^0	81.8
-60	81.8
-50	85.4
-40	91.2
-30	94.5
-20	100.0
-10	101.7
0	103.9
$+10$	107.1
$+20$	112.0
$+30$	121.4
$+40$	131.7
$+50$	148.0

$\varepsilon = +70^0$	
i	l
-60^0	84.2
-50	86.0
-40	90.0
-30	93.1
-20	97.2
-10	100.5
0	103.7
$+10$	107.7
$+20$	114.3
$+30$	121.6
$+40$	130.4
$+50$	139.3
$+60$	146.9

$\varepsilon = +60^0$	
i	i
-50^0	82.3
-40	86.0
-30	89.3
-20	91.2
-10	93.0
0	95.7
$+10$	98.2
$+20$	101.5
$+30$	106.3
$+40$	113.2
$+50$	120.0
$+60$	121.3
$+70$	115.2

Digitized by Google

$\varepsilon = +50^0$	
i	l
-40^0	91.0
-30	91.7
-20	94.3
-10	97.5
0	99.1
$+10$	102.1
$+20$	104.1
$+30$	107.8
$+40$	111.5
$+50$	110.9
$+60$	105.9
$+70$	94.8
$+80$	73.8

$\varepsilon = +40^0$	
i	l
-30^0	82.6
-20	84.9
-10	87.7
0	92.0
$+10$	96.7
$+20$	98.3
$+30$	100.4
$+40$	97.6
$+50$	95.1
$+60$	90.0
$+70$	78.7
$+80$	60.6

$\varepsilon = +20^0$	
i	l
-10^0	101.8
0	104.4
$+10$	106.3
$+20$	105.3
$+30$	101.3
$+40$	95.9
$+50$	91.4
$+60$	82.2
$+70$	71.5
$+80$	52.5

$\varepsilon = 0^0$	
i	l
$+10^0$	100.6
$+20$	94.8
$+30$	88.1
$+40$	81.9
$+50$	77.9
$+60$	68.5
$+70$	57.5

$\varepsilon = -20^0$	
i	l
$+30^0$	97.2
$+40$	90.0
$+50$	82.4
$+60$	74.9
$+70$	62.8
$+80$	47.3

$\varepsilon = -30^0$	
i	l
$+40^0$	95.2
$+50$	87.9
$+60$	78.1
$+70$	65.3
$+80$	47.6

$\varepsilon = -40^0$	
i	l
$+50^0$	89.4
$+60$	78.1
$+70$	66.0
$+80$	49.0

Digitized by Google

5. Gyps.

ε	i	l
+ 80°	− 45°	62.2
+ 75	− 40	67.0
+ 70	− 35	70.8
+ 65	− 30	75.3
+ 60	− 25	80.3
+ 55	− 20	82.1
+ 45	− 10	84.3
+ 35	0	86.0
+ 25	+ 10	84.7
+ 15	+ 20	84.4
+ 5	+ 30	82.6
0	+ 35	80.3
− 5	+ 40	76.4
− 10	+ 45	74.8
− 15	+ 50	71.3
− 20	+ 55	67.5
− 25	+ 60	63.7
− 30	+ 65	58.8
− 35	+ 70	53.9
− 40	+ 75	47 1

ε	i	l
+ 75°	− 30°	74 8
+ 70	− 25	78.3
+ 65	− 20	80.0
+ 55	− 10	83.9
+ 45	0	86.8
+ 35	+ 10	86.3
+ 25	+ 20	85.6
+ 15	+ 30	83.5
+ 10	+ 35	82.2
+ 5	+ 40	79.3
0	+ 45	75.3
− 5	+ 50	73.1
− 10	+ 55	70.1
− 15	+ 60	63.5
− 20	+ 65	59.5
− 25	+ 70	54.6
− 30	+ 75	47.8

ε	i	l
+ 80°	− 25°	68.3
+ 75	− 20	70.1
+ 65	− 10	74.8
+ 55	0	76.4
+ 45	+ 10	78.2
+ 35	+ 20	77.0
+ 30	+ 25	75.9
+ 25	+ 30	74.4
+ 20	+ 35	73.4
+ 15	+ 40	71.3
+ 10	+ 45	68.9
+ 5	+ 50	66.1
0	+ 55	62.1
− 5	+ 60	57.6
− 10	+ 65	53.2
− 15	+ 70	47.2

ε	i	l
+ 80°	− 15°	83.2
+ 75	− 10	86.1
+ 65	0	90.8
+ 55	+ 10	90.5
+ 45	+ 20	88.2
+ 35	+ 30	86.3
+ 25	+ 40	82.1
+ 15	+ 50	77.1
+ 10	+ 55	72.2
+ 5	+ 60	67.7
0	+ 65	63.4
− 5	+ 70	57.4
− 10	+ 75	51.7
− 15	+ 80	43.5

ε	i	l
+ 80°	− 5°	90.5
+ 75	0	94.8
+ 65	+ 10	95.2
+ 55	+ 20	92.5
+ 45	+ 30	90.3
+ 35	+ 40	87.3
+ 25	+ 50	79.2
+ 20	+ 55	75.6
+ 15	+ 60	70.4
+ 10	+ 65	67.2
+ 5	+ 70	61.2
0	+ 75	54.2
− 5	+ 80	45.6

ε	i	l
+ 80°	+ 5°	86.4
+ 75	+ 10	86.8
+ 70	+ 15	87.5
+ 65	+ 20	86.2
+ 55	+ 30	85.6
+ 45	+ 40	82.5
+ 40	+ 45	80.5
+ 35	+ 50	76.8
+ 30	+ 55	73.5
+ 25	+ 60	68.8
+ 20	+ 65	63.6
+ 15	+ 70	58.6
+ 10	+ 75	51.0
+ 5	+ 80	43.5

Digitized by Google

ε	i	l
$+80^0$	$+15^0$	89.0
$+75$	$+20$	89.2
$+70$	$+25$	88.5
$+65$	$+30$	87.2
$+60$	$+35$	86.7
$+55$	$+40$	84.4
$+50$	$+45$	81.5
$+45$	$+50$	78.8
$+40$	$+55$	74.2
$+35$	$+60$	70.2
$+30$	$+65$	65.8
$+25$	$+70$	59.5
$+20$	$+75$	52.9
$+15$	$+80$	42.7

ε	i	l
$+80^0$	$+25^0$	88.6
$+75$	$+30$	87.8
$+70$	$+35$	87.7
$+65$	$+40$	86.4
$+60$	$+45$	83.9
$+55$	$+50$	82.3
$+50$	$+55$	77.9
$+45$	$+60$	73.4
$+40$	$+65$	66.4
$+35$	$+70$	61.0
$+30$	$+75$	53.4
$+25$	$+80$	45.2

ε	i	l
$+80^0$	$+35^0$	85.6
$+75$	$+40$	86.8
$+70$	$+45$	84.3
$+65$	$+50$	82.6
$+60$	$+55$	76.9
$+55$	$+60$	72.7
$+50$	$+65$	66.8
$+45$	$+70$	60.8
$+40$	$+75$	53.3
$+35$	$+80$	45.1

$\varepsilon = +80^0$	
i	l
-70^0	48.6
-60	54.9
-50	61.2
-40	66.3
-30	70.9
-20	74.7
-10	77.5
0	78.6
$+10$	78.8
$+20$	78.7
$+30$	78.8
$+40$	77.3
$+50$	76.1
$+60$	73.8
$+70$	74.2

$\varepsilon = +60^0$	
i	l
-50^0	70.6
-40	75.2
-30	79.2
-20	85.2
-10	88.0
0	88.4
$+10$	88.2
$+20$	87.4
$+30$	85.4
$+40$	81.1
$+50$	77.4
$+60$	72.5
$+70$	64.5
$+80$	50.1

$\varepsilon = +40^0$	
i	l
-30^0	79.6
-20	81.9
0	85.4
$+20$	84.8
$+40$	78.8
$+60$	67.9
$+70$	55.8

$\varepsilon = +20^0$	
i	l
-10^0	88.8
0	89.6
$+20$	86.0
$+40$	77.8
$+60$	65.4
$+70$	54.1

$\varepsilon = 0^0$	
i	l
$+10^0$	91.5
$+30$	84.0
$+50$	71.7
$+70$	51.6

$\varepsilon = -20^0$	
i	l
$+30^0$	84.5
$+50$	73.0
$+70$	52.3

$\varepsilon = -40^0$	
i	
$+50^0$	72.2
$+70$	53.3

Digitized by Google

6. Porzellan.

ε	i	l
$+70^0$	-50^0	69.4
$+60$	-40	76.1
$+50$	-30	83.4
$+40$	-20	87.5
$+30$	-10	90.1
$+20$	$+0$	92.0
$+10$	$+10$	90.4
0	$+20$	87.5
-10	$+30$	82.8
-20	$+40$	79.1
-30	$+50$	72.6
-40	$+60$	65.2
-50	$+70$	55.3
-60	$+80$	39.7

ε	i	l
$+80^0$	-50^0	59.7
$+70$	-40	68.8
$+60$	-30	75.7
$+50$	-20	79.5
$+40$	-10	82.1
$+30$	0	83.6
$+20$	$+10$	82.6
$+10$	$+20$	81.2
0	$+30$	76.0
-10	$+40$	71.4
-20	$+50$	66.7
-30	$+60$	58.7
-40	$+70$	50.0

ε	i	l
$+80^0$	-40^0	64.2
$+70$	-30	70.8
$+60$	-20	76.9
$+50$	-10	79.6
$+40$	0	81.8
$+30$	$+10$	80.4
$+20$	$+20$	78.3
$+10$	$+30$	75.3
0	$+40$	70.4
-10	$+50$	64.9
-20	$+60$	57.8
-30	$+70$	49.4

ε	i	l
$+80^0$	-30^0	71.7
$+70$	-20	77.7
$+60$	-10	81.7
$+50$	0	83.3
$+40$	$+10$	83.7
$+30$	$+20$	81.4
$+20$	$+30$	79.0
$+10$	$+40$	72.1
0	$+50$	65.4
-10	$+60$	58.7
-20	$+70$	49.5
-25	$+75$	41.4

ε	i	l
$+80^0$	-20^0	73.3
$+70$	-10	79.4
$+60$	0	82.6
$+50$	$+10$	81.8
$+40$	$+20$	80.5
$+30$	$+30$	77.7
$+20$	$+40$	72.3
$+10$	$+50$	65.2
0	$+60$	58.7
-10	$+70$	49.1
-15	$+75$	41.9

ε	i	l
$+80^0$	-10^0	76.5
$+70$	0	82.4
$+60$	$+10$	83.5
$+50$	$+20$	80.7
$+40$	$+30$	77.6
$+30$	$+40$	72.9
$+20$	$+50$	66.1
$+10$	$+60$	57.6
0	$+70$	47.2
-5	$+75$	39.7

ε	i	l
$+80^0$	0^0	82.2
$+70$	$+10$	84.7
$+60$	$+20$	82.8
$+50$	$+30$	80.7
$+40$	$+40$	77.3
$+30$	$+50$	70.0
$+20$	$+60$	59.4
$+10$	$+70$	49.7
$+5$	$+75$	42.0

ε	i	l
$+80^0$	$+10^0$	83.8
$+75$	$+15$	84.2
$+70$	$+20$	85.0
$+65$	$+25$	84.7
$+60$	$+30$	83.6
$+55$	$+35$	82.6
$+50$	$+40$	80.9
$+45$	$+45$	78.3
$+40$	$+50$	74.0
$+35$	$+55$	69.8
$+30$	$+60$	66.7
$+25$	$+65$	60.6
$+20$	$+70$	54.7
$+15$	$+75$	47.3
$+10$	$+80$	39.0

ε	i	l
$+80^0$	$+20^0$	83.9
$+70$	$+30$	86.3
$+60$	$+40$	84.0
$+50$	$+50$	78.6
$+40$	$+60$	67.6
$+30$	$+70$	54.2
$+25$	$+75$	44.9

Digitized by Google

ε	i	l
$+80^0$	$+30^0$	85.2
$+70$	$+40$	87.4
$+60$	$+50$	82.6
$+50$	$+60$	72.7
$+40$	$+70$	57.7
$+30$	$+80$	38.8

$\varepsilon = +80^0$

i	l
-70^0	48.2
-60	58.9
-40	75.1
-20	83.6
-0	91.8
$+20$	90.4
$+40$	90.5

$\varepsilon = +60^0$

i	l
-50^0	75.0
-40	81.5
-20	92.0
0	96.4
$+20$	93.8
$+40$	91.1

$\varepsilon = +40^0$

i	l
-30^0	94.4
-20	100.7
0	103.9
$+20$	99.3
$+40$	90.0
$+60$	76.0
$+80$	49.5

$\varepsilon = +20^0$

i	l
-10^0	98.8
0	100.3
$+20$	96 0
$+40$	87.3
$+60$	71.5
$+70$	61.7

$\varepsilon = 0^0$

i	l
$+10^0$	96.1
$+20$	93.6
$+40$	84.4
$+60$	69.0
$+70$	57.1

$\varepsilon = -20^0$

i	l
$+30^0$	84.7
$+40$	80.0
$+60$	65.4
$+70$	54.5

$\varepsilon = -40^0$

i	l
$+50^0$	73.6
$+60$	63.9
$+70$	54.4

Digitized by Google

Beobachtungen mit dem Spiegel.

$\varepsilon = -i$	Porzellan	Gyps	Marmor 1.	Marmor 2.	Marmor 3.	Alabaster	Glaspapier	Lehm	Ziegelstein
$+70^0$	—	—	38.5	46.4	44.0	45.9	42.2	52.8	59.4
$+60$	62.1	59.8	47.6	56.5	52.9	52.2	49.3	56.9	63.6
$+50$	69.6	65.6	53.9	65.2	59.6	56 5	54.5	60.5	67.8
$+40$	73.9	71.9	59.5	70.1	64.4	58.9	59.5	63.3	70.0
$+30$	78.4	75.9	63.7	74.5	68.2	62.1	63.5	66.2	72.6
$+20$	80.5	77.9	65.4	78.8	71.4	64.2	66.8	68.9	74.2
$+10$	81.5	79.5	68.7	83.6	73.5	66.0	68.0	69.6	75.5
0	81.2	80.0	76.4	85.4	74.5	67.1	69.2	71.2	76.0
-10	80.3	78.6	68.1	82.8	73.2	66.3	67.6	69.9	74.7
-20	77.7	77.2	65.0	78.3	70.8	64.9	66.0	68.8	73.9
-30	75.4	74.2	61.2	75.5	67.0	62.8	62.1	66.2	73.3
-40	71.8	68.9	58.4	70.4	63.4	60.2	58.6	64.3	70.5
-50	66.3	64.0	53.3	64.6	58.5	55.7	53.6	60.9	67.3
-60	61.4	57.7	47.0	57.0	52.3	51.2	47.5	57.7	63.0
-70	—	—	38.0	46.3	42.9	43.3	41.5	53.1	58.6

$\varepsilon = -i$	Kreide	Sandstein 1.	Sandstein 2a.	Sandstein 2.	Sandstein 3.	Sandstein 4.	Sandstein 5.	Kalkstein
$+70^0$	60.5	57.3	51.6	57.3	64.2	49.9	58.3	41.8
$+60$	67.8	63.3	57.0	62.4	69.8	55·5	63.3	49.9
$+50$	75.9	67.6	61.6	66.7	74.8	59.3	68.2	55.0
$+40$	81.6	70.7	65.2	70.1	79.1	61.1	72.8	60.6
$+30$	85.9	73.6	68.1	71.4	82.3	63.2	75.4	65.0
$+20$	89.6	76.7	69.4	73.2	83.7	64.3	77.4	68.6
$+10$	92.4	77.3	71.4	74.0	84.7	65.4	78.4	69.6
0	94.6	78.4	71.9	74.6	85.4	65.8	79.5	70.6
-10	92.8	76.9	70.8	74.2	85.0	65.6	78.4	69.8
-20	90.2	75.6	70.1	73.2	84.1	64.8	77.4	68.3
-30	86.4	73.8	68.2	72.3	80.4	63.8	75.1	64.9
-40	81.3	71.4	65.0	70.1	77.6	61.8	72.0	60.5
-50	76.1	67.9	61.6	67.6	73.8	59.1	68.2	55.7
-60	68.0	64.3	58.6	62.9	68 3	55.7	63.0	49.4
-70	60.6	57.7	51.2	57.0	61.8	50.0	57.2	41.6

Digitized by Google

$\varepsilon = -i$	Milchglas			Schiefer			Papier	
	1.	2.	3.	1.	2.	3.	1.	2.
+ 70	46.5	45.1	49.4	55.1	60.2	57.6	46.0	44.0
+ 60	56.2	53.4	59.5	59.3	65.1	62.1	55.0	53.3
+ 50	63.6	60.3	67.1	63.2	69.1	65.7	61.7	60.3
+ 40	69.3	64.8	73.1	66.7	71.0	70.0	67.7	66.9
+ 30	73.7	68.4	78.5	68.8	73 9	72.5	73.3	71.7
+ 20	76.8	71.8	80.4	72.4	77.3	75.0	78.1	77.0
+ 10	78.5	73.8	81.8	75.7	81.4	78.3	80.9	80.2
0	82.4	74.3	82.6	80.0	83.7	81.0	82.5	81.6
— 10	78.0	73.5	81.5	75.0	80.7	78.4	—	79.8
— 20	75.5	71.2	79.7	72.4	77.5	74.5	—	75.4
— 30	72.3	67.9	76.8	68.7	73.1	71.4	—	70.8
— 40	68.6	63.9	71.0	66.3	71.2	68.7	—	65.6
— 50	63.2	58.5	64.9	63.3	68.8	64.8	—	59.3
— 60	55.7	52.8	57.1	59.8	65.5	61.6	—	52.1
— 70	45.2	43.6	47.1	55.7	60.5	57.4	—	44.0

Bemerkungen:

Alle Substanzen wurden so abgeschliffen, dass sie möglichst matt erschienen. Oefters, so bei Gyps, Marmor, Schiefer, treten namentlich bei grossen i und $-\varepsilon$ störende Reflexe auf.

Marmor: Die zweite Reihe ist eine Wiederholung der ersten. Bei der 3. Reihe wurde der Marmor neu abgeschliffen, so dass er weniger Reflexe zeigte. In diesem Zustande sind mit ihm die ausführlicheren Reihen beobachtet.

Alabaster war sehr durchscheinend.

Glaspapier war von bräunlich gelber Farbe.

Lehm war an der Luft gut getrocknet, der Ziegelstein hart gebrannt, roth.

Von Sandstein lagen 5 Varietäten vor:

der 1. war von feinkörniger Structur und röthlich,

der 2. braungraue und grobkörnige war am Tage der Reihe 2_a feucht. Am nächsten Tage war er trocken geworden und hatte seine Farbe in Folge dessen ein wenig verändert. In diesem Zustande wurde an ihm die Reihe 2 beobachtet.

Die Reihe 3 bezieht sich auf einen feinkörnigen röthlichgrauen, die 4. Reihe auf einen graugrünen, mittelkörnigen, die 5. Reihe schliesslich auf einen ebensolchen ziemlich dunkel (grau) gefärbten Sandstein.

Digitized by Google

Der Kalkstein hatte eine röthliche Färbung.

Das Milchglas lag in dicken und dünnen Platten vor. 1 und 2 ist dieselbe dickere Platte; sie wurde vor der 2. Messungsreihe neu abgeschliffen, weil sie bei der ersten noch störende Reflexe zeigte. In diesem letzteren Zustande sind auch die ausführlichen Messungen gemacht.

Der Schiefer war ein schöner blaugrauer Schiefer, wie er zum Dachdecken benutzt wird. Die Platten wurden durch Reiben aneinander rauh gemacht. Die Reihen 2 und 3 beziehen sich auf dieselben Platten, nachdem diese noch einmal abgerieben und der dadurch entstandene Staub abgewischt worden war. 3 ist nur eine Wiederholung von 2.

Das gelbliche Papier wurde durch Reiben mit einem Radirgummi rauh gemacht. In die Zusammenstellung auf pag. 208 wurde nur die 2. Reihe aufgenommen.

Digitized by Google

Elektrometrische Untersuchungen.

Zweite Abhandlung [1])
von
H. Götz und A. Kurz in Augsburg.

(Eingelaufen 5. Mai.)

Nickel, Cadmium, Aluminium, Magnesium im destillierten Wasser.

§ 1. Nickel, frisch bezogen.

Ni_1 poliert, Ni_2 rauh. Dieses Metall, wieder allgemein auch mit M bezeichnet, bildet in Drahtform den positiven Pol des galvanischen Elementes (bezw. „Doppelelementes") $M \| Zn$, dessen Flüssigkeit schon genannt und dessen Zinkdraht wiederum vor und nach jedem Versuche frisch poliert wurde.

Diese Potentialdifferenz hub an mit dem Werte + 5,35, das ist wenig mehr als dies beim Eisen (statt des Nickels) der Fall war und wenig mehr als die Hälfte der anfänglichen Potentialdifferenz $Cu \| Zn$ (s. genannte Abh.). Vom 8. Juli bis 16. August stieg die Potentialdifferenz des Ni bis ungefähr 8,8, wobei Ni_2 meist etwas höher stand als Ni_1. Von da ab bis 19. November im destillierten Wasser geblieben, zeigte

$$Ni_1 \| Zn = 9{,}1 \qquad Ni_2 \| Zn = 8{,}8.$$

1) Die erste siehe im vorjährigen Bande S. 195 — 219. Ausser den dort schon genannten Abhandlungen einschlägigen Inhaltes von unserer Seite kamen seither noch hinzu im Centralblatte für Elektrotechnik „Gegen die Contakttheorie" S. 10, 176 u. 375 im heurigen Jahre; insbesondere die letzte Abhandlung „Messung elektromotorischer Kräfte an Hydro-Elementen" zeigt das *Cu*, *Fe*, *Pb*, *Zn* im Grundwasser.

Digitized by Google

Dieses Steigen von rund $5^1/_2$ bis 9 vollzog sich von $5^1/_2$ bis 7 schon in der ersten Stunde, in den folgenden Tagen schwankte die Ablesung zwischen 7 und 8, später zwischen 8 und gegen 9.

Eine unterdessen notwendig gewordene Revision der Ladungssäule erhöhte die Empfindlichkeit unseres Instrumentes im Verhältnisse 8 zu 9 (s. § 11 der 1. Abhandlung), was bei den vorhin angegebenen Endwerten schon in Abzug gebracht wurde.

Zweite Versuchsreihe: Beide Drähte wurden mehrmals stark ausgeglüht, dann der erstere poliert, der zweite rauh gemacht. Es wurde beobachtet successive

Ni_1:	7,62	9,40	9,74	9,57	9,41	9,59	9,51
Ni_2:	6,67	9,33	9,66	9,80	9,86	9,60	9,85,

von welchen Zahlen, wie auch fürderhin, nichts mehr gemäss dem vorletzten Absatze abgezogen wurde. Auch mit Rücksicht hierauf verbleiben noch die Anfangswerte höher als vorhin, die Endwerte aber nahe gleich wie vorhin.

Dritte Versuchsreihe: Ni_1 mit O beladen und poliert; dessen Oberfläche erschien mit einer starken Oxydschichte bedeckt. Ni_2 mit H beladen.

Ni_1:	6,44	7,46	9,43	9,27	9,34	9,79	9,99	9,53
Ni_2:	6,31	7,09	9,43	9,38	9,58	9,38	10,05	9,69.

Vierte Versuchsreihe: Ni_1 mit O beladen und die Oxydhaut belassen; beim Herausnehmen war der Draht ganz schwarz; eine halbe Stunde später war die Oxydhaut verschwunden, die Metallfläche blank. Ni_2 wie vorhin mit H beladen

Ni_1:	9,95	9,79	9,88	10,39
Ni_2:	6,69	7,61	7,87	8,76.

Alsdann wurde Ni_1 mit O beladen innerhalb des Wassers, Ni_2 belassen:

Digitized by Google

Ni_1:	8,91	9,91	10,44	10,27	10,39	10,07	10,10	10,51
Ni_2:	—	9,18	9,69	9,40	9,71	9,92	9,70	9,90.

Fünfte Versuchsreihe: Ni_1 und Ni_2 wurden im elektrolytisch entwickelten O 48 Stunden belassen; Ni_1 vorher poliert, Ni_2 nicht abgerieben; bei Ni_1 war keine Oxydhaut sichtbar, bei Ni_2 aber schon.

Die Zahlen zeigten keinen wesentlichen Unterschied zwischen Ni_1 und Ni_2 und schwankten unregelmässig zwischen 9,0 und 9,8.

Am Schlusse herausgenommen; es zeigte sich keine Spur von Oxydhaut.

§ 2. Cadmium.

Cd_1 poliert: Steigen von 1,7 bis 3,3, hernach Sinken bis 2,4.

Cd_2 rauh: Schwanken zwischen 1,6 und 2,1, Steigen bis 2,3, zuletzt 2,1.

Zweite Versuchsreihe: Beide in Oel gekocht, was sie brüchig machte, derart, dass der Cd_2-Draht bis auf die halbe Länge ungefähr abgebrochen ist.

Cd_1 frisch poliert: Hält sich am ersten Tage auf 3,6, und sinkt am nächsten Tage auf 3,0, welchen Wert es 3 Wochen lang beibehält.

Cd_2 frisch rauh gemacht: Sinkt rasch von 3,6 auf 3,0 und auf 2,8 am nächsten Tage; letzteren Wert ungefähr behielt es mehrere Wochen bei.

Sodann, in den nächsten 5 Wochen, zeigte Cd_1 Schwankungen zwischen 3,0 und 2,6, Cd_2 solche von 2,8 bis 2,6.

Das destillierte Wasser erneuert:

Cd_1 steigt von 2,8 allmählig bis 3,3.

Cd_2 von dem merklich kleineren Anfangswerte 2,1 auf 2,7.

Digitized by Google

§ 3. Aluminium, frisch bezogen.

Al_1 poliert: 1,15 1,62 1,77 1,65 2,42 innerhalb der 1. Halbstunde.

Al_2 rauh: 1,41 1,58 1,94 2,76 innerhalb der 1. Halbstunde.

Al_1 3,09, Al_2 3,75 drei Tage später,
7,7 6,2 drei Monate später.

Zweite Versuchsreihe: Beide Drähte in Oel gekocht, der erste aber 5 Tage hernach an der Luft, der zweite diese Zeit im Oel geblieben, hernach beziehungsweise frisch poliert und frisch rauh gemacht.

Am ersten Tage: 2 und je 1 Tag später:

Al_1 1,29 1,67 1,83; 4,17 4,96 5,20 5,39 5,38 5,77
Al_2 −0,70 +0,53 0,68; 4,50 5,27 5,15 5,34 5,52 5,69

Nach diesem raschen Steigen erfolgte in den weiteren Tagen:

Al_1: Schwanken und eine geringe Abnahme, auf 4,5
Al_2: 5,27 5,48 5,11 5,63 5,36 5,37 3,29 2,87 2,56 3,17.
also beim zweiten Drahte eine plötzliche starke Abnahme.

Dritte Versuchsreihe: Al_1 und Al_2 zwei Tage in elektrolytischem O; beim ersten zeigten sich Spuren von Oxydation, beim zweiten eine starke Oxydation.

Al_1: 4,81, Schwanken auf und ab bis zu 7,8.
Al_2: 5,33, langsame Abnahme und geringeres Schwanken bis 3,6.

Hernach wurden beide Drähte je übernacht in der Luft gelassen:

Al_1: 6,10 7,28 8,25 8,11 8,17 4,79 5,34 7,99 8,43.
Al_2: 3,73 7,77 6,48 7,24 7,88 8,29 8,32 8,90 8,41.

Am folgenden Tage waren beide im Wasser geblieben, hernach aber wieder in der Luft:

Al_1: 5,12 4,79 6,22 8,12 8,24.
Al_2: 5,53 8,28 9,47 9,16 9,52.

Digitized by Google

§ 4. Magnesium, frisch bezogen.

	Mg_1 poliert	Mg_2 rauh
). Juli	— 4,15	21. Juli — 4,02
′ später	— 3,35	— 3,58
′ „	— 3,38	— 3,69
′ „	— 3,53	20' spät. — 3,40
1. Juli	— 5,34	—
2. „	— 5,84	— 4.80
Uebernacht in Luft geblieben:		
8. Juli	— 7,87	— 8,10
9. „	— 8,54	— 8,15
0. „	— 8,99	— 9,29
1. Aug.	— 9,22	— 9,40
In Wasser geblieben:		
2. „	— 5,78	— 5,47
In Luft geblieben:		
3. „	— 8,04	— 8,53
4. „	— 8,94	— 9,28
Uebernacht in Luft, ins Wasser O geleitet:		
5. Aug.	— 9,46	— 9,41
Ebenso:		
6. „	— 9,76	— 9,46
In Luft geblieben:		
8. „	— 9,52	— 9,18
In Wasser geblieben:		
12. „	— 6,05	— 5,56
13. „	— 5,89	— 5,54
14. „	— 5,27	— 5,09
Seit August im Wasser geblieben, zeigte sich am		
10. Nov.	— 7,20	— 6,54
25. „	In Oel gekocht und dann beziehungsweise poliert	rauh gemacht
	— 4,79	— 4,50
5' später	— 4,33	— 4,06
10' „	— 4,13	— 3,91
60' „	—	— 3,32
26. Nov.	— 5,80	—
28. „	— 7,00	— 5,70
Und bis zum 25. Jan. schwankten beide in der Nähe der zwei letztangegebenen Werte, aber auch gleichwerdend, wie z. B. am		
3. Jan.	— 6,92	— 6,96
25. „	— 6,19	— 5,90
In Wasser geblieben:		
30. „	— 7,33	— 7,54
In Luft geblieben:		
31. „	— 9,15	— 9,08
In Wasser geblieben:		
1. Febr.	— 7,52	— 7,81
In Luft geblieben:		
3. „	— 9,04	— 9,22
Beide stiegen bis zum		
9. „	— 10,84	— 10,85
In Wasser geblieben:		
10. „	— 7,04	— 7,20
Beide schwankten von da bis zum Minimum am		
11. Febr.	— 6,41	— 6,68
Am 14. Februar abgeschlossen.		

Diskussion der §§ 1 bis 4.

Sauerstoff-Aufnahme macht elektronegativ, Abgabe positiv. Jene O-Aufnahme mag nun Oxydation sein, wie bei den unedlen Metallen, oder Adhäsion und Condensation (Okklusion) wie bei den Edelmetallen. S. § 12 die Ergebnisse unserer ersten Mitteilung.

Digitized by Google

Zwischen diesen beiden Arten von Metallen steht das Kupfer, als Halbedelmetall; s. § 5 l. c. Das Nickel nun neigt noch mehr zu den Edelmetallen; eine Oxydation desselben, auf gewöhnlichem Wege, trat im destillierten Wasser nicht ein und auch die elektrolytisch hervorgerufene Oxydhaut verschwand binnen wenigen Stunden. Der niedere Anfangswert von 5 bis 6 Skalenteilen bekundet die bedeutende Gier nach Sauerstoff und das rasche Ansteigen auf 7, 9 und 10 zeugt von einer gewissen Sättigung mit diesem Gase; bei den Edelmetallen dagegen geschah dieses Ansteigen bis 11, nahe 12; s. §§ 7–9 l. c. Durch Ausglühen wird die Potentialdifferenz gegen das *Zn* wieder erniedrigt, wenn auch nicht zu jenem Anfangswerte. Elektrolytische Beladung mit *H* sowie mit *O* zeigt keinen merklichen Einfluss, also ist eine *H*-Katalyse nicht wahrscheinlich; vom *O* war schon vorhin die Rede.

Der Verlauf beim Cadmium ist nahezu derselbe wie beim *Zn*; s. § 6 l. c.

Das Aluminium reiht sich merkwürdiger Weise keiner der beiden obengenannten Klassen von Metallen ein. Die starke Zunahme von 1,2 bis 6 oder 7 im gewöhnlichen Zustande, und diejenige von 1,3 bis 5,8 und — 0,7 bis 5,7 im gekochten Zustande weisen auf eine kräftige *O*-Katalyse hin wie bei den Edelmetallen. Die darauffolgende Abnahme auf 4,5, beziehungsweise 2,6 beweisen die nun eingetretene Oxydation der unedlen Metalle. Mit zunehmender Dicke der Oxydschichte tritt nach mehrwöchentlichen Schwankungen wieder ein bedeutendes Ansteigen der Potentialdifferenzen ein. Die nahe bei 5 liegenden Einzelwerte der letzten Zeilen lassen erkennen, dass bei längerem Verweilen im Wasser jeweils die Oxydschichte durchbrochen wird und abfällt. Was die Stellung des *Al* in der Spannungsreihe betrifft, zu deren Beurteilung sich bloss die, ziemlich verschiedenen, Anfangswerte wie + 1,3 und 0,7 eignen, so zeigt sich dieses

Digitized by Google

Metall dem *Zn* am nächsten. Die Rauhheit der Oberfläche endlich macht dasselbe zur *O*-Aufnahme sehr geeignet, daher das anfänglich raschere Anwachsen bei Al_2 und das nachher stärkere Sinken desselben.

Die bisher besprochenen Metalle vermögen bei gewöhnlicher Temperatur das Wasser nicht zu zersetzen und haben also ihren *O*-Bedarf aus dem im Wasser absorbierten Vorrate entnommen. Das Magnesium aber zersetzt das Wasser ziemlich energisch und der Draht überzieht sich nach wenigen Minuten dicht mit *H*-Bläschen. Die anfänglich von — 4 auf — 3 steigenden Werte (nochmals am 25. November) deuten auf eine wenn auch schwache *O*-Katalyse hin; das darauffolgende Fallen auf — 6 (im Januar auf — 7) auf eine stärkere Oxydation. Ein Ansteigen, etwa in Folge einer schützenden Oxydschichte, kommt hier nicht vor, wahrscheinlich weil die genannten *H*-Bläschen solche stets durchbrechen. Uebernacht in Luft geblieben zeigt sich (hernach im Wasser) das *Mg* viel stärker negativ als sonst. Es wird nämlich da die Umgebung des Drahtes stark *H*-haltig und deshalb ebenfalls sehr *O*-gierig. Das ist eine *H*-Polarisation des Wassers. —

Die Untersuchungen werden noch fortgesetzt.

Digitized by Google

Herr P. Groth hält einen Vortrag über die Elasticität der Krystalle, in welchem er seine in der Sitzung vom 5. Juli 1884 (s. Sitzungsber. 1884, S. 280 u. 285) ausgesprochenen Bemerkungen dahin berichtigt, dass inzwischen die von Herrn W. Voigt aus der Elasticitätstheorie der krystallinischen Medien gezogenen Schlüsse vollständig bestätigt worden sind, sowohl durch Untersuchungen des Genannten selbst, als auch durch die im hiesigen mineralogischen Institute ausgeführte Arbeit des Herrn H. Vater über die Elasticität hexagonaler Krystalle. Namentlich ist jetzt der Nachweis experimentell geführt, dass, wenn in einer Ebene drei geometrisch und physikalisch gleichwerthige Richtungen existiren (wie in der Basis bei hexagonalen, in der Oktaëderfläche bei regulären Krystallen), der Elasticitätscoëfficient für alle Richtungen in dieser Ebene denselben Werth, die Elasticitätsfläche also nach einer solchen Ebene einen Kreisschnitt besitzt.

Der Vortragende legte zur Erläuterung dieser Verhältnisse geeignete Modelle der Elasticitätsflächen vor, nämlich diejenige

1. des Flussspath (als Beispiel eines regulären Krystalls),
2. des Quarz (als Beispiel eines hexagonalen Krystalls),
3. des Baryt (als Beispiel eines rhombischen Krystalls),

auf Grund der Messungen des Herrn W. Voigt von Herrn Dr. S. Finsterwalder angefertigt und in Gyps vervielfältigt.

Zugleich legt der Vortragende die folgende, aus Veranlassung der Construction dieser Modelle entstandene Arbeit vor.

Digitized by Google

Ueber die Verteilung der Biegungselasticität in dreifach symmetrischen Krystallen.

Von S. Finsterwalder.

(Mit Tafel II.)

(Eingelaufen 5. Mai.)

Die Abhängigkeit des für die Biegung oder Dehnung eines dünnen Stäbchens aus Krystallsubstanz massgebenden Elasticitätscoëfficienten von der Orientierung der Längsdimension desselben in Bezug auf die Axen des Krystalles hat Herr W. Voigt durch eine allgemeine Formel ausgedrückt[1]). Gehört der Krystall einem dreifach symmetrischen Systeme an, so gilt nachstehende vereinfachte Beziehung zwischen dem Elasticitätscoefficienten ϱ und den Richtungscosinus α, β, γ, welche die Lage der Längsdimension des Stäbchens zu dem (in diesem Falle rechtwinkeligen) Axensystem bestimmen:

$$\varrho = a_{11}\alpha^4 + a_{22}\beta^4 + a_{33}\gamma^4 + 2(a_{12}\alpha\beta + a_{13}\alpha\gamma + a_{23}\beta\gamma) \quad 1)$$

Hiebei stellen die Coefficienten $a_{11} \ldots a_{33}$ gewisse Aggregate der 9 Elasticitätsconstanten solcher Systeme dar.

Die in dieser Relation enthaltene Abhängigkeit lässt sich auf einfache Weise durch eine Fläche F veranschaulichen, die dadurch definiert ist, dass man in obiger Gleichung (1) ϱ, α, β, γ als räumliche Polarcoordinaten deutet.

1) Wiedemanns Annalen Bd. 16. pg. 404.

Digitized by Google

α, β, γ erfüllen natürlich immer die Bedingung:

$$\alpha^2 + \beta^2 + \gamma^2 = 1.$$

In den folgenden Zeilen soll versucht werden, auf geometrischem Wege durch Abbildung der Fläche in eine Ebene die Verteilung der grössten und kleinsten Werte des Elasticitätscoefficienten übersichtlich darzustellen.

Schreiben wir zunächst die Gleichung (1) vermöge der Substitutionen: $x = \varrho \cdot \alpha$, $y = \varrho \cdot \beta$, $z = \varrho \cdot \gamma$ in rechtwinklige Coordinaten um, so lautet sie:

$$\varrho^5 = a_{11} x^4 + a_{22} y^4 + a_{33} z^4 + 2 (a_{12} xy + a_{13} xz + a_{23} yz) \quad 2)$$

$$\varrho^2 = x^2 + y^2 + z^2 \quad 3)$$

Um zur Kenntnis der Maxima und Minima des Radiusvectors ϱ der Fläche zu gelangen, denken wir uns dieselbe durch eine Schar concentrischer Kugeln mit dem Ursprung als Mittelpunkt geschnitten. Man kann sich die Fläche dann auch erzeugt denken durch die Schnitte der vermöge des Parameters ϱ zusammengehörigen Flächen 2) und Kugeln 3). Jedem Werte von ϱ entspricht eine sphärische Curve auf der Fläche und alle diese Curven wollen wir vom Ursprung aus auf eine Kugel S vom Radius 1 projicieren. Das so auf der Kugel S erhaltene Curvensystem ist dann für die Verteilung der gesuchten Maxima und Minima in der Art massgebend, dass jedem Doppelpunkt mit conjugiert-imaginären Zweigen, eines von beiden entspricht, jedem gewöhnlichen Knotenpunkt dagegen ein intermediärer Wert, der gleichzeitig den Uebergang zwischen zwei Maxima und zwei Minima vermittelt.

Zur bequemen Discussion des Curvensystemes denken wir uns zunächst den Raum der x, y, z dadurch in einen zweiten der X, Y, Z abgebildet, dass wir $x^2 = X$, $y^2 = Y$, $z^2 = Z$ setzen. Hiebei gehen die concentrischen Kugeln:

$$x^2 + y^2 + z^2 = \varrho^2 \quad \ldots \quad 3)$$

in die Parallelebenen: $X + Y + Z = \varrho^2 \quad \ldots \quad 4)$ über.

Digitized by Google

Die Flächen (2) bilden sich in folgendes System von Flächen 2. Ordnung ab:

$$a_{11}X^2+a_{22}Y^2+a_{33}Z^2+2(a_{12}XY+a_{13}XZ+a_{23}YZ)=\varrho^5 \quad 5)$$

Letztere haben alle den gemeinsamen Asymptotenkegel:

$$a_{11}X^2+a_{22}Y^2+a_{33}Z^2+2(a_{12}XY+a_{13}XZ+a_{23}YZ)=0 \quad 6)$$

Sie sind daher einander ähnlich und liegen ähnlich und ihre Schnitte mit den Parallelebenen (4) geben Curven 2. Ordnung von derselben Eigenschaft.

Da durch die Transformation: $x^2 = X$, $y^2 = Y$, $z^2 = Z$ die Eigenschaft der Punkte, auf Geraden durch den Ursprung zu liegen nicht geändert wird, so kann man das Bild der Curvenschar der Kugel S einfach erhalten, indem man die ähnlichen Kegelschnitte der Ebenen (4) vom Ursprung aus auf die Ebene P: $X + Y + Z = 1$, das Bild von S, projiciert. Da ferner die Mittelpunkte aller Kegelschnitte auf einer Geraden durch den Ursprung (der conjugierten zur Schnittlinie der Ebenen (4) in Bezug auf die Flächen (5)) liegen, so werden ihre Projectionen auf P ein gemeinsames Centrum haben und, da sie ausserdem bei der Projection ähnlich und in ähnlicher Lage bleiben, wird das System der Kegelschnitte, welches das Bild der Curvenschar auf der Kugel S darstellt, ein solches mit gemeinsamen (reellen oder imaginären) Asymptoten.

Die Fläche F lässt sich demnach auf die Ebene P so abbilden, dass ihren Schnitten mit concentrischen Kugeln um den Ursprung ein System von Kegelschnitten mit gemeinsamen Asymptoten entspricht.

Diese Abbildung ist keineswegs eindeutig; es wird vielmehr der reelle Teil der Kugel S und, da die Fläche F eindeutig auf die Kugel bezogen ist, auch der reelle Teil der Fläche auf das Dreieck der Ebene P, das von den drei Coordinatenebenen begrenzt wird, derart bezogen, dass einem

Digitized by Google

Punkt innerhalb des Dreieckes 8 symmetrisch auf die Oktanten der Kugel S oder der Fläche F verteilte Punkte entsprechen. Für Punkte von P ausserhalb des Dreieckes existieren nur imaginäre zugehörige Punkte von S uud F. Den Seiten des Dreieckes entsprechen die durch die Coordinatenebenen ausgeschnittenen grössten Kreise auf der Kugel.

Mit Ausnahme der Seiten und Ecken des Dreieckes ist die Abbildung stetig; wie sie sich in der Nähe derselben verhält, lässt sich unschwer zeigen.

Einer Geraden der Ebene P, die durch die Gleichung $aX + bY + cZ = 0$ bestimmt ist, entspricht auf der Kugel der sphärische Kegelschnitt, den der Kegel

$$ax^2 + by^2 + cz^2 = 0 \text{ ausschneidet.}$$

Während die Gerade die Seiten des Dreieckes unter beliebigen Winkeln schneidet, durchsetzt der sphärische Kegelschnitt die drei entsprechenden Kreise der Kugel (seine Hauptschnitte) stets unter rechtem Winkel. Ein Büschel von Geraden, das sein Centrum auf dem Dreiecksumfange liegen hat, bildet sich demnach in ein Büschel von Kegelschnitten ab, die sich in den Endpunkten einer Axe berühren. Was über das Verhalten des Bildes einer Geraden in der Nähe einer Dreiecksseite ausgesagt wurde, lässt sich im Allgemeinen auf eine beliebige Curve übertragen, welche die Gerade in ihrem Schnittpunkt mit der Dreieckseite berührt. Durch die Abbildung werden also Winkel, welche Curven mit einer Seite des Dreieckes der Ebene P einschliessen, stets in rechte Winkel auf der Kugel S verwandelt[1]). Dieser Satz erleidet eine Ausnahme, wenn der erstgenannte Winkel gleich 0 ist, d. h. die Curve eine Seite des Dreiecks berührt. Was in diesem Falle geschieht, lässt sich wieder an einem speciellen Beispiel einsehen. Wie vorhin an Stelle der Curve die berührende

1) Vergl. Fig. I u. II.

Digitized by Google

rade substituiert wurde, können wir nun irgend einen, die rve in Berührpunkt osculierenden Kegelschnitt betrachten, m wir noch die Bedingung auferlegen wollen, dass er die iden anderen Seiten des Dreieckes berühre. Ein solcher rührt dann alle drei Seiten des Dreieckes und wird durch ne Gleichung von folgender Form ausgedrückt:

$$a^2 X^2 + b^2 Y^2 + c^2 Z^2 - 2(ab\,XY + ac\,XZ + bc\,YZ) = 0 \quad 7)$$

Das entsprechende Gebilde auf der Kugel hat zur leichung:

$$a^2 x^4 + b^2 y^4 + c^2 z^4 - 2(ab\,x^2 y^2 + ac\,x^2 z^2 + bc\,y^2 z^2) = 0 \quad 8)$$

der:

$$(x\sqrt{a} + y\sqrt{b} + z\sqrt{c})(x\sqrt{a} - y\sqrt{b} - z\sqrt{c}) \cdot$$
$$(-x\sqrt{a} + y\sqrt{b} - z\sqrt{z})(-x\sqrt{a} - y\sqrt{b} + z\sqrt{c}) = 0 \quad 9)$$

Es sind das 4 grösste Kreise auf der Kugel, von denen je 3 in jedem Octanten ein Dreieck einschliessen, dessen Ecken den Berührpunkten des Kegelschnitts mit den Seiten des Dreieckes der Ebene P entsprechen. Daher: Berührt eine Curve der Ebene P eine Seite des Dreiecks, so hat die entsprechende Curve auf der Kugel einen Doppelpunkt[1]). Der Doppelpunkt hat reelle Zweige, wenn die Curve von innen (im Sinne des Dreieckes) berührt, und ist isoliert, wenn die Berührung von aussen stattfindet.

Geht endlich die Curve in der Ebene P durch eine Ecke des Dreieckes, verhält sie sich also in der Nähe wie die Gerade $aX + bY = 0$, so entspricht ihr auf der Kugel S eine Curve $ax^2 + by^2 = 0$ mit Doppelpunkt, der wieder reelle Tangenten hat, falls die erste Curve durch den eigentlichen Winkel des Dreieckes geht, aber isoliert ist, wenn dieselbe im Aussenwinkel des Dreieckes verläuft.

1) Vergl. Fig. IV u. V.

Digitized by Google

Da die Abbildung ausserhalb des Dreiecksumfanges unverzweigt ist, so werden allen Doppelpunkten des Curvensystemes der Ebene auch Doppelpunkte des Curvensystemes auf der Kugel entsprechen. Es kommen aber auf der Kugel solche neu hinzu, so oft eine Curve der Ebene eine Seite des Dreieckes berührt oder durch eine Ecke desselben geht.

Das Curvensystem der Ebene P, das wir zu betrachten haben, besteht aus Kegelschnitten mit gemeinsamen Asymptoten und hat also nur einen Doppelpunkt, den Schnitt der beiden Asymptoten. Ihm entsprechen 8 symmetrisch auf die Kugeloctanten verteilte Doppelpunkte der Curvenschar auf S. Jede Seite des Dreieckes wird von einer Curve des Systemes berührt; durch jede Ecke desselben geht eine solche. Den 3 Berührpunkten gehören 12 Doppelpunkte auf den 3 grössten Kreisen der Kugel, in welche sich die Seiten des Dreieckes abbilden, zu, den 3 Eckpunkten 6 Doppelpunkte in den Schnittpunkten dieser grössten Kreise. Wie viele von den 26 Doppelpunkten imaginär oder reell und von den letzteren wieder Knotenpunkte und isolierte Punkte sind, lässt sich durch Discussion der Lage des durch seine Asymptoten bestimmten Kegelschnittsystems gegen das Dreieck leicht entscheiden. Ohne alle möglichen Fälle, die bei verschiedener Wahl der Coefffcienten $a_{11} \ldots a_{22}$ eintreten und auf die Combination eines reellen oder conjugiert-imaginären Linienpaares mit einem gleichseitigen Dreieck hinauskommen, aufzählen zu wollen, beschränken wir uns hier auf die kurze Charakterisierung der vier dreifach-symmetrischen Krystallsysteme und die Besprechung zweier in der Natur vorkommenden Beispiele.

A. Rhombisches System. Für dasselbe gilt die ganz allgemeine Formel (1) ohne weitere Beziehung zwischen den Coefficienten. Zur Exemplificierung diene die dem Baryt entsprechende, für welche Herr W. Voigt[1]) die Constanten

1) W. Voigt: Bestimmung der Elasticitätsconstanten von Baryt und Topas. Göttinger Nachrichten 1887. pg. 624.

Digitized by Google

durch sorgfältige und umfassende Versuche bestimmt hat. Sie lautet demnach:

$$\varrho = [16{,}13\,\alpha^4 + 18{,}51\,\beta^4 + 10{,}42\,\gamma^4 + 2\,(8{,}88\,\alpha^2\beta^2 + \\ + 15{,}21\,\alpha^2\gamma^2 + 38{,}79\,\beta^2\gamma^2)] \cdot 10^{-8}$$

Das zu untersuchende Kegelschnittsystem hat die folgende Gleichungen:

$$16{,}13\,X^2 + 18{,}51\,Y^2 + 10{,}42\,Z^2 + 2\,[8{,}88\,XY + \\ + 15{,}21\,XZ + 38{,}79\,YZ] = \varrho;\; X + Y + Z = 1$$

Der Mittelpunkt desselben hat die Coordinaten: $X = 0{,}7388$, $Y = 0{,}0557$, $Z = 0{,}2054$ entsprechend den Winkeln $\alpha = 30^0\,44'$, $\beta = 76^0\,21'$, $\gamma = 63^0\,3'$.

Die Asymptoten sind reell und haben gegen das Dreieck die in Fig. I angegebene Lage. Wir haben es also in diesem speciellen Fall mit einem Hyperbelsystem zu thun. Den Asymptoten selbst entspricht der Parameter:

$$\varrho = 15{,}54 \cdot 10^{-8}.$$

Für $\varrho = 10{,}84 \cdot 10^{-8}$ berührt eine Hyperbel die Seite $Z = 0$ und zwar von aussen. Für $\varrho = 10{,}42 \cdot 10^{-8}$ geht eine solche durch den Punkt $X = 0$, $Y = 0$ und zwar durch den Aussenwinkel des Dreieckes.

Aehnliches gilt für $\varrho = 16{,}13 \cdot 10^{-8}$ und den Punkt $Y = 0$, $Z = 0$. Setzt man dagegen $\varrho = 18{,}51 \cdot 10^{-8}$ so geht die Hyperbel durch den Punkt $X = 0$, $Z = 0$, aber durch den eigentlichen Winkel des Dreieckes.

Für $\varrho = 26{,}93 \cdot 10^{-8}$ endlich findet Berührung der entsprechenden Hyperbel mit der Seite $X = 0$ von aussen statt. Die Seite $Y = 0$ wird innerhalb des Dreiecks von keiner Hyperbel berührt. (Vergl. Fig. I.)

Die Abbildung des Dreieckes auf einen Octanten der Kugel S ist durch Fig. II in stereographischer Projection dargestellt. Den beiden Asymptoten entsprechen nach Gleich-

Digitized by Google

ung (5) zwei sphärische Kegelschnitte, den Hyperbeln sphärische Raumcurven 8. Ordnung. Den Zusammenhang der Singularitäten der beiden Curvensysteme auf P und S sowie der Fläche F macht folgende Tabelle anschaulich:

	$\varrho \cdot 10^8$	Ebene P[1]	Kugel S	Fläche F
a	10,42	H. g. d. $X=0\,Y=0$ v. a.	2 isol. *P.*	2 Minima
b	10,84	H. berührt $Z=0$ v. a.	4 isol. *P.*	4 Minima
c	15,54	H. zerf. i. Asympt.	8 Knotenp.	8 intermed. *P.*
d	16,13	H. g. d. $Y=0\,Z=0$ v. a.	2 isol. *P.*	2 Maxima
e	18,51	H. g. d. $X=0\,Z=0$ v. i.	2 Knotenp.	2 intermed. *P.*
f	26,93	H. berührt $X=0$ v. a.	4 isol. *P.*	4 Maxima

Von den 26 Doppelpunkten auf S sind demnach 22 reell; zwei Paare konjugiert imaginärer folgen aus dem Umstande, dass die Seite $Y=0$ des Dreieckes von der entsprechenden Hyperbel nur in ihrer Verlängerung berührt wird. Die Unterscheidung der Maxima und Minima des Radiusvector der Fläche F ergibt sich von selbst, da alle Stellen, wo solche oder intermediäre Werte statthaben können, bestimmt und die zugehörigen Parameterwerthe bekannt sind. Namentlich kann es keinem Zweifel unterliegen, dass der Parameterwert $\varrho = 15{,}54 \cdot 10^{-8}$ kein relatives Maximum ist, wie Herr W. Voigt l. c. pg. 625 angibt, sondern ein intermediärer Wert. Bezüglich der Form der Fläche, wie sie aus unserer Discussion folgt, sei auf Fig. III verwiesen, welche ein Bild der Fläche, sammt den Schnitten mit konzentrischen Kugeln in isometrischer Projection gibt.

1) Abgekürzt: H. = Hyperbel, g. d. = geht durch, v. a. = von aussen, v. i. = von innen. Die Buchstaben der ersten Columne beziehen sich auf die Figuren I, II u. III.

Digitized by Google

B. Quadratisches System. Die Formel für das quadratische System ergibt sich aus der allgemeinen, indem man $a_{11} = a_{22}$ und $a_{13} = a_{23}$ setzt. Dies bewirkt, dass das Kegelschnittsystem der Ebene P symmetrisch gegen die zur Seite $Z = 0$ des Dreiecks gehörige Höhe zu liegen kommt. Infolge dessen hat auch die Fläche F zwei weitere Symmetrieebenen.

C. Hexagonales System. Fügt man zu den Bedingungen für das quadratische System noch die neue $a_{12} = a_{11}$ hinzu, so erhält man die Formel für das hexagonale. Der Asymptotenkegel (6): $a_{11}(X+Y)^2 + a_{33}Z^2 + 2a_{13}(X+Y) = 0$ artet hiebei in ein Ebenenpaar aus:

$$\left(X + Y + \frac{a_{13} + \sqrt{a_{13}^2 - a_{11}a_{33}}}{a_{11}} Z\right) \cdot$$

$$\cdot \left(X + Y + \frac{a_{13} - \sqrt{a_{13}^2 - a_{11}a_{33}}}{a_{11}} Z\right) = 0,$$

die Flächen (5) gehen in Cylinder und das Kegelschnittsystem der Ebene P in eine Schar von Geraden parallel zur Seite $Z = 0$ über. Die Fläche F wird eine Rotationsfläche.

D. Reguläres System. Bei diesem gelten die Bedingungen: $a_{11} = a_{22} = a_{33}$ und $a_{12} = a_{13} = a_{23}$. Der Asymptotenkegel (6) wird dementsprechend ein Kreiskegel:

$$a_{11}(X^2 + Y^2 + Z^2) + 2a_{12}(XY + XZ + YZ) = 0,$$

dessen Axe die Gerade $X = Y = Z$ ist. Die Kegelschnittschar der Ebene P besteht aus concentrischen Kreisen um den Mittelpunkt des Dreieckes (Fig. IV). Einer von ihnen berührt gleichzeitig die 3 Seiten desselben. Ihm entsprechen daher nach Formel (8) und (9) auf der Kugel S und der Fläche F vier Kreise, welche in jedem Octanten ein gleichseitiges sphärisches Dreieck einschliessen (Fig. V). Daraus folgt die bekannte Thatsache, dass in den Ebenen des Octaeders der Elasticitätscoefficient der Biegung nach allen Richtungen hin der gleiche

Digitized by Google

ist. Die Figuren IV, V und VI sind nach den ebenfalls von Herrn W. Voigt [1]) ermittelten Zahlenwerten für Flussspath gezeichnet. Die Grösse des Elasticitätscoefficienten beträgt für die Punkte: a) 0,0717, b) 0,1050, c) 0,1716.

Zum Schlusse sei noch die Frage erledigt, ob die Eigenschaft der regulären Krystalle, in verschiedenen Ebenen einen nach allen Richtungen gleichen Elasticitätscoefficienten zu besitzen, den Krystallen dieses Systemes allein zukommt. Die erwähnte Eigenschaft drückt sich an der Fläche F durch das Vorhandensein von Kreisschnitten durch den Mittelpunkt aus. Sobald ein solcher vorkommt, dessen Ebene die Gleichung $\lambda x + \mu y + \nu z = 0$ habe, zieht die Symmetrie nach den drei Hauptebenen sofort das Vorhandensein dreier weiterer nach sich, deren Ebenengleichungen lauten: $\lambda x - \mu y - \nu z = 0$, $-\lambda x + \mu y - \nu z = 0$, $-\lambda x - \mu y + \nu z = 0$. Dann aber würde die linke Seite der Gleichung (1) den entsprechenden von (8) und (9) gleich sein, und ein Kegelschnitt des Systemes der Ebene P müsste alle drei Seiten des Dreieckes zugleich berühren. Obwohl dies im Allgemeinen natürlich nicht der Fall ist und speciell beim Baryt nicht zutrifft, besteht doch, geometrisch gesprochen, kein Grund, dass bei einem Krystalle des rhombischen oder quadratischen Systemes diese Besonderheit nicht gelegentlich auftreten könne, welche bei solchen des regulären Systemes immer vorhanden ist. Gegebenen Falles würden sich die drei Systeme immer noch dadurch unterscheiden, dass im Vierkant der vier Kreisschnittebenen beim ersten nur die vier Seiten, beim zweiten noch dazu die vier Winkel einander gleich sind, während beim dritten ausserdem die Seiten gleich $^1/_3\,\pi$ werden.

1) W. Voigt: Neue Bestimmungen der Elasticitätsconstanten von Steinsalz und Flussspath. Sitzungsber. d. k. preuss. Akad. 1884.

Digitized by Google

Beiträge zur Naturphilosophie der alten Hindu.

Ein Versuch von Dr. Franz Hessler.

(Eingelaufen 5. Mai.)

Schon das Wort „Naturphilosophie" hat keinen guten Klang, denn die deutsche Naturphilosophie ist sehr in Misskredit gekommen, da sie sich in Spekulationen verstiegen hat, die aller gesunden Grundlagen entbehrten. Anders verhält es sich jedoch mit den Naturphilosophemen der antiken Kulturvölker, denn sie hatten ihre Stützen in der Erfahrung und Naturanschauung.

Mit Ausnahme des Weisen von Königsberg haben sich alle deutschen Naturphilosophen in das Gebiet des Uebersinnlichen gewagt, vorzüglich Hegel und Schelling, obwohl sie aus Kant's Kritik der reinen Vernunft hätten ersehen sollen, dass mit metaphysischen Spitzfindigkeiten in der Naturphilosophie nichts Fassbares erreicht werden kann. — Auch hätte man von den Jonischen Naturphilosophen schon hinlängliche Belehrung schöpfen können, wie man es mit einer gesunden Naturphilosophie anzufangen habe. — Doch beschränken wir uns hier auf die Naturphilosophie der antiken Hindu. In diesem Gebiete haben sich besonders Colebrooke und Frank bewegt; ersterer in klarer Darstellung, letzterer in kaum verständlicher Weise, da dieser in seinem Vyāsa die Sanskrit-Texte mit aller Gewalt in Hegel'sches Philosophem umzumodeln versucht, und so eine oft sehr unverständliche Uebersetzung und eine erzwungene Erklärung

Digitized by Google

derselben liefert. Auch hat er vieles aus den Neuplatonikern, besonders aus Jamblichos und Porphyrios (über das Leben des Pythagoras) entlehnt und oft missverstanden. Auch kann ich seinen deutschen Styl ebenso wenig loben, als seinen lateinischen in seiner Chrestomathie. — Er hat alles Entstehende von einem Urgeistigen abgeleitet, anstatt von einem Urkörperlichen, und den Brahmaismus verkehrt, denn Gangādhara, der fest auf dem Brahmaismus steht, sagt ausdrücklich: „tschetanādayah śarīre utpadyante das Geistige und alles Uebrige (der Art) entsteht in dem Körper". —

Die antiken Sanskrit-Texte über Naturphilosophie sind sehr einfach und verständlich, weisen alle Zudringlichkeit gewundener Erklärungen ab, und sind weit entfernt von vielen Phantasmen einer neueren Anschauungsweise. Am besten ist es, die Sanskrit-Texte ganz wörtlich zu übersetzen. —

Ich will es hier versuchen, meine eigenen Ansichten über altindische Naturphilosophie in kurzem Umrisse darzulegen. Schon mein früherer Versuch „über Entwickelung und System der Natur" mag hierzu einiges beitragen.

In den frühesten Zeiten war die Verehrung der Natur vorherrschend, wie ganz klar in den Veden erkannt werden kann. Zwar ist es hier nicht zu klaren Begriffen gekommen, sondern es wurde die Natur am Firmamente, im Mittelreiche und auf der Erde ahnungsvoll und mit heiliger Pietät erschaut. Eigentliche Philosopheme entwickelten sich zwar nicht aus diesen Anschauungen, aber sie trugen dazu bei und so wurden die Veden, die heiligen Schriften der Hindu, die erste Grundlage von philosophischen Systemen, die man nach ihrem Ursprunge die Vedantinen nennt. Es werden wohl alle antiken Kulturvölker ihren ersten Anfang der Naturphilosophie in begeisterten Anschauungen der

Digitized by Google

Natur gemacht haben, worauf erst später die höhere Spekulation sich fortsetzte.

Besonders begeisternd sind die lyrischen Ergüsse an den Indra, den Gott des Mittelreiches, und an Agnis, den Feuergott. Erst später spekulirte man über den Ursprung der Dinge, de rerum natura. Aber da ging es den alten Hindu wie allen andern Völkern, man musste eine erste Ursache der Dinge annehmen, und so an die Naturforschung das Wunder einsetzen, eine ursachlose Grundursache (kāraṅam akāraṅam), und dies war die Grundlage des gesammten Universums, ihr Pradhāna, ihr summum numen. Dieses höchste Wesen war ihnen von doppelter Natur, es war aus sich selbst (svayambhū), ursachlos (ahetu), also absolut; es war zugleich geistig für das ideale Reich (paramātma) und fein körperlich für das Naturreich (sūkschma śarīra). Alle Philosopheme der alten und neuen Zeit scheitern an dieser letzten Grundursache, weil der Ursprung der Materialität nicht, und niemals begriffen werden kann. Was nämlich die Schwierigkeit des Ursprunges eines lebenden Organismus betrifft, so ist die Kant'sche Raupe zu bekannt, und müssen wir uns an die Moneren des Häckel halten. — Also an der letzten Grundursache scheitert alle Naturphilosophie. — Anders verhält es sich freilich mit der idealen oder geistigen Herausbildung des Urprinzips; hier kann die Phantasie leicht in das Uebersinnliche, Metaphysische, hinüberschweifen, natürlich in das Grund- und Bodenlose, wie Frank in seinem Vyāsa gethan hat.

Auf dem altindischen Boden stehend, sehen wir den feinen Leib (sūkschmaśarīra) des Urprinzips noch nicht sinnlich wahrnehmbar. Die Urelemente oder physischen Urprincipien (tanmātrāṅi) entwickeln sich zuerst; freilich eine Annahme, die durch nichts erwiesen werden kann, also wieder ein Phantasiegebilde, weil man sich die 5 Naturelemente, grosse Wesen genannt (mahābhūtāni), nicht zu erklären ver-

Digitized by Google

mochte. Diese sollen nämlich aus den tanmātrāńi herausgesetzt worden sein. Freilich, nachdem man die 5 groben Naturelemente (sthūlabhūtāni) entwickelt und erkannt hatte, war es ein Leichtes, auf dieser Basis die chemische, physikalische und morphologische Welt zu construiren. (Hier muss ich, um Irrungen zu begegnen, bemerken, dass das Urprinzip der Welt auch das Brahmum (gen. neut.) heisst, aus dem erst der Brahma (gen. masc.) und die übrigen Götter abstammen.)

Ueber das Brahmum oder die Grundlage der Welt noch Folgendes: Der Aether, das fünfte oder vielmehr das erste und oberste Element, welches aus den physischen Urelementen (tanmātrāńi) zuerst herausgetreten ist, ist nach Manu's Gesetzbuch der Leib des Pradhāna oder des Brahmum (khan Brahma, tad eva asya mūrtti). Die Weltursachlichkeit ist das Wesen des Brahmum. Das Brahmum ist die ewige Wesenheit (Brahmam anantam sattvam). Das Brahum ist die höchste Ursache der Dinge (Paramakāraṅam Brahma). Das Brahmum ist auch der Allmacher (Sarvakrit), der grosse Herr (maheśvara). So ist das Wesen des Urprincipes hinlänglich charakterisirt. So erscheint das Brahmum als das wahre einzig Unzerstörbare, Unsichtbare, Ewige (ritameka akscharam Brahma avyaktam). — Durch Umwandlung (vikāra) und sich in die Aeusserlichkeit setzend (ahankāra) entwickelt sich die ganze sinnlich wahrnehmbare Welt. Dabei verliert aber das Brahmum nichts von seiner Wesenheit, sondern hält in sich gebunden alle Wesen, so wie diese sich wieder in dieses Urwesen auflösen. Das Brahmum hat in sich den Drang, geboren zu werden, und ausser sich das Universum zu setzen. So entsteht die sinnliche Welt, vom Unorganischen bis zum höchsten Organischen, dem Menschen.

Von diesem als der Summe aller vorausgehenden physischen Momente ist eine merkwürdige Stelle in der 6. und

Digitized by Google

7. Sloke des Iśa upanischad aufbewahrt, die aber auch vielfach missdeutet worden. Ich halte mich bei der Uebersetzung derselben an W. Carey: yas tu sarvāńi bhūtāni ātmanyeva anupasyati, sarvabhūteschu ātmānam, tato na vidschugupsate. „Wer alle Wesen in sich selbst sieht; und sich selbst in allen Wesen, der wird sofort nichts verachten." Dies heisst soviel: Im Menschen sind alle Naturstufen vom Uranfange der Dinge bis zur höchsten Ausprägung dargestellt. W. Jones übersetzt so: wer alle Wesen im Geiste, und den Geist in allen Wesen sieht, u. s. w.

Dieser Uebersetzung ist Frank gefolgt, die aber offenbar keinen Sinn hat.

Die hier angeführte Stelle ist aber auch dadurch bedeutungsvoll, dass sie die Descendenzlehre oder die Theorie der allmäligen Entwickelung der Dinge veranschaulicht und bestätiget, was Gangādhara, der Scholiast des Tscharaka, nachgewiesen hat, als er behauptet: „Alle Wesen sind durch die ewig sich bewegende Zeit allmälig umgebildet worden". Klarer kann die Descendenztheorie nicht ausgesprochen werden. So haben die alten Hindu schon festgestellt, was den Forschern unserer Zeit erst durch Zuhilfenahme der Embryologie, vergleichenden Anatomie und vorzüglich der Paläontologie möglich geworden ist.

Der erste Grad der Ichsetzung (ahankāra) des Urwesens ist aus der Finsterniss heraus der Lichtäther: kam Brahma tad evāsya murti, der Aether ist das Brahmum selbst, nämlich dessen feiner Leib, i. e. der sūkschma śarīra, welcher jedoch unsichtbar ist, die Naturprinzipien (tanmātrāńi) aus sich erschliesst, aus welchen dann die grossen Wesen (mahābhūtāni), nämlich die fünf bekannten gröberen Naturelemente in der sinnlich warnehmbaren Welt zum Vorschein kommen. Ist man hier angelangt, dann setzt sich die weitere Naturevolution durch Verbindungen und Auflösungen in Ewigkeit fort, und so werden des Stoffes chemische Zusammensetzungen,

Digitized by Google

physikalische Wirkungen und morphologische Gestaltungen die Welt erfüllen (dravyaguńakārmarūpāni). Dieser dreifachen Betrachtung der Naturwesen ist auch Häckel in seiner generellen Morphologie gefolgt, und in Wirklichkeit sind dies auch die wesentlichen Kategorien der physischen Welt. —

So viel über Naturphilosophie des Brahmaismus, die sich auf die Veden und Vedantinen gründet; hier ist aber die Literatur so umfangreich, dass sie sich schwer überblicken lässt. Ebenso zahlreich ist dieselbe in Betreff der von der orthodoxen Theorie abweichenden anderweitigen Systeme. Oben an steht hier der Buddhaismus, von dem heiligen Weisen Buddha gegründet. Die Bauddhen sind so zahlreich, dass keine religiöse Genossenschaft ihrer Anzahl gleich kommt. In naturphilosophischer Hinsicht haben sie sich weit vom Brahmaismus entfernt. Ihr oberstes Prinzip für die gesammte Natur ist die absolute Leere, der leere Raum, Sūnya, aus welcher alles in natura rerum sich entwickelt. Es ist zwar richtig, dass ihre Phantasie im Stande war, alles Vorhandene hinweg zu denken, zu annulliren und zu negiren, aber der Raum blieb ihnen übrig, der sich nicht hinweg denken lässt; ebenso bleibt die Zeit, und bewegt sich ewig fort. Also Raum und Zeit sind die Kategorien, durch welche sie die Dinge durch Ursachen und Wirkungen auf- und niedersteigen liessen. Auf diese Prinzipien stützt sich bekanntlich auch Kant, der den ganzen Kreislauf der Welt in Zeit, Raum und Causalitäten sich abwickeln lässt. So wiederholt sich oft das Antike im Modernen.

Die Bauddhen lassen aus dem tiefen Grunde der absoluten Leere, von der Finsterniss zum Lichte die Dinge heraussteigen und leugnen den absoluten Urgrund, das Pradhāna, des Brahmaismus. Der leere Raum ist ihnen das höchste Wesen, und die Zeit ist des Raumes

Digitized by Google

adhärirende Eigenschaft. An Frömmigkeit werden die Brahmanen von den Bauddhen weit übertroffen. Man kann den Buddhaismus füglich als eine Reformation des Brahmaismus ansehen; jedoch hat Ersterer von Letzterem vieles beibehalten. Auch hat der Buddhaismus durch seine Milde und Humanität für die Civilisation ausserordentlich gewirkt, vorzüglich unter den halbverwilderten mongolischen Völkerstämmen. Jedoch ist nicht zu leugnen, dass er durch seine ascetischen Einrichtungen dem Mysticismus viel Vorschub geleistet hat. —

Ein zweiter grosser Abfall vom Brahmaismus ist der Dschainismus. Die Dschainen, von ihrem Stifter Dschina benannt, verwerfen das höchste Wesen (Pradhāna) der Brahmanen und die absolute Leere (Sūnya) der Bauddhen, und nehmen die gesammte Natur, das Universum, als absolut von Ewigkeit her an, was an David Strauss „der alte und neue Glaube" erinnert, der in seiner kritischen Untersuchung zu demselben Resultate gelangt ist. Abermals ein Beispiel, wie alte und neuere Denker unbewusst öfter einander begegnen.

Die Brahmanen lassen ihr Urprinzip von dem Verlangen zu schaffen ergriffen sein: „Ich möchte Vieles sein (bahu syam); ich will geboren werden (pradschāyeya)", was dann auch in Zeit und Raum geschieht: „Alle Wesen sind durch die ewig sich bewegende Zeit nach und nach hervorgetreten und umgebildet worden".

Dasselbe geschah auch den Bauddhen, aber nicht durch das Grundprinzip, Pradhāna, sondern aus der Tiefe des absoluten leeren Raumes, Sūnya; während die Dschainen beide Grundlagen der Natur (prakriti) gänzlich negirten, und diese als absolut für sich bestehend annahmen. —

Unter den vielen philosophischen Systemen der alten Hindu ist vorzüglich das des Kapila, Sankhya, Zahlensystem, genannt, hervorzuheben, welches viele Aehnlich-

Digitized by Google

keit mit der Lehre des Pythagoras hat. Dieses System ist sehr gründlich von Colebrooke, asiat. trans., behandelt. Kapila hat das Physische gänzlich vom Geistigen getrennt; beides steht einander fremd gegenüber. Das geistige Element ist ihm nichts anderes, als die Erregung der Materie; der Geist und Verstand nimmt zwar das Körperliche wahr, aber bestimmt es nicht zum Handeln, da dieses sich selbst anregt, zum Handeln und Wirken antreibt, und die geistigen Verrichtungen sohin nichts anderes, als nur Regungen des materiellen Leibes sind. Er setzt seine Geister ausserhalb der wirklichen Welt, und lässt das Geistige von Ewigkeit her, wie das Leibliche selbstständig neben einander her gehen, wie die bekannte prästabilirte Harmonie. Er ist folglich vom Brahmaismus und den Vedanten gänzlich getrennt. —

Ich übergehe die Unzahl von naturphilosophischen Abhandlungen in der Sanskritliteratur und will nur noch einige kurz berühren:

Die Tschārvāken, sowie auch die Lokayatiker verwerfen alles Geistige, sowohl das Urprinzip (Pradhāna), als auch die daraus entwickelten Götter und Geister, und nehmen nur die sinnlich wahrnehmbare Welt als Wirklichkeit an. Endlich die Nāstiker löschen gänzlich alles Bestehende aus, und erklären geradezu, dass auch die sinnlich wahrnehmbare Welt, ja, dass das ganze Universum nichts als nur eine Täuschung sei.

Gangādhara hat sich viele Mühe gegeben, die Nāstiker zu widerlegen, und hat dabei sich zum Oefteren auf das medicinische System des Suśruta berufen, welches ihm viele naturphilosophische Anhaltspunkte zu diesem Zwecke darbot.

So hat die altindische Naturphilosophie nach allen Richtungen hin versucht, den Weltprozess zu erklären, um herauszufinden, wie sich das Ideale zum Realen und umgekehrt verhält, bis endlich Gangādhara zu dem Resultate ge-

Digitized by Google

angte, dass die ganze ideale Welt aus der realen hervorgehe. —

Was die Poeten vom Ursprunge der Dinge gefabelt haben, lasse ich hier fallen, besonders wie dies im Eingange des Mahābhārata erwähnt wird. —

Zum Schlusse will ich noch einige Aphorismen im Originaltexte mit meiner Uebersetzung anfügen, die in näherer Beziehung zur altindischen Naturphilosophie stehen:

Yat kāryam tad vināśi, svakāraṅe liyate, was Wirkung ist, ist vergänglich, und löst sich in seiner eigenen Ursache wieder auf. Hier gilt der alte Satz: die Wirkung ist schon in der Ursache enthalten.

Tisra eva devatā .... agnir vayūs sūryah, drei Götter gibt es, das Feuer (Licht), die Luft und die Sonne. Nach Gangādhara sind dies die Urgötter, und erst später, als man über den Naturkultus hinaus zum Brahmaismus überging, ist nur von einem einzigen Gotte, der Sonne, die Rede.

Kham brahmam (gen. neut.) tad evāsya mūrti, der Aether ist das Brahmum, das ist eben sein Leib. Das Urwesen, pradhāna, enthält einen ätherischen Leib, aus dem sich eben die ganze sinnliche Welt entwickelt, wie eben gesagt, aus der Ursache entwickelt sich die Wirkung oder, was dasselbe ist, die Wirkung ist schon in ihrer Ursache enthalten.

Brahmam (gen. neutr.) eva pradschapatir, das Brahmum ist eben der Geschöpfe Herr, das heisst, das Urprinzip ist in allen seinen Entwickelungsmomenten noch wirksam.

Adimatparam brahmam na sat tannāsad utschyate, ursprünglich wird das Brahmum nicht als seiend, und dasselbe auch nicht als nicht seiend genannt. Wie schon früher erwähnt, war das Brahmum vor der Herausentwickelung in die sinnliche Welt für diese nicht seiend, nach dieser Entwickelung aber seiend.

Lokā ātmaprabhā, die durch sich selbst glänzenden Welten. Hier bin ich versucht, an den Fixsternenhimmel

Digitized by Google

zu denken, denn nur die Sonnen oder Fixsterne haben ihr eigenes und kein erborgtes Licht.

Agnirdevarūpatayā pariṅatāni, durch die Gestaltungen des Gottes Agnis geschehen die Umwandlungen (Umbildungen), d. h. je nach der Beleuchtung werden die morphologischen Erscheinungen dem Gesichtssinne wahrnehmbar.

Yastu sarvāṅi bhūtānyātmanyevānupaśyti etc. Dieser Aphorismus ist schon oben erörtert worden und will hier der Nachsatz nur noch erwähnt werden: „wer dieses einsieht, verachtet nichts mehr", sondern hält alles in der Natur für gleichwerthig.

Tritschtih, sthiti, pralaya, das Entstehen, Bestehen und Vergehen ist der Charakter des Universums. Dabei ist aber zu verstehen, dass das Vergehen (pralaya) immer wieder ein neues Entstehen zur Folge hat, und zwar in Ewigkeit fort. (Gangādhara.)

Tamo nudah prakritiprerakah, das Dunkel vertreibend, die Natur erregend ist (das Urwesen). Aus der Finsterniss entwickelt sich das Licht, wie wir dies auch bei Hesiod sehen (Theogonie vers. 124).

Manas sendriyam, der Verstand ist in den Sinnen enthalten. Ueber die Sinnenwahrnehmungen hinaus nimmt Gangādhara keine Erkenntniss an; man vergleiche auch Kant's Kritik der reinen Vernunft.

Vrihad aṅd'am abhūt, es entstand ein grosses Ei; yugasyādau, im Anfange der Weltperiode; ekam pradschānām vidscham, der einzige Same der Geschöpfe. Poetische Auffassung von dem Uranfange der Wesen. —

Damit schliesse ich also in fünf kleinen Sitzungsberichten den Auszug aus einer grösseren Abhandlung über Naturwissenschaft und Medicin der alten Inder, welche später erscheinen soll.

Digitized by Google

Studien über den feineren Bau des Geschmacksorganes.

Von Dr. F. Hermann,
Privatdozent und Assistent an dem anat. Institut der Universität Erlangen.

(Mit Tafel III u. IV.)

(Eingelaufen 26. April.)

In einer kleinen, im Jahre 1851 erschienenen Arbeit über „die Haut einiger Süsswasserfische" erwähnte Leydig[1]) in der Epidermis der Cutispapillen vorkommende becherförmige Bildungen, an deren Basis er Nerven herantreten sah, und die er deshalb als eine neue Art sensibler Endorgane betrachtete. Diese Entdeckung Leydig's scheint zunächst wenig Aufmerksamkeit gefunden zu haben, denn es vergingen über zehn Jahre, bis ein anderer Autor, F. E. Schultze[2]), sich wieder mit den erwähnten Gebilden beschäftigte. Waren es nach Leydig nur verlängerte, „contractilen Faserzellen" ähnliche Zellen, welche die Epidermisbecher zusammensetzen, so zeigte Schultze, dass denselben ein complicirterer Bau zukomme. Er konnte nachweisen, dass es zweierlei Zellen sind, die sich an dem Aufbau der uns interessirenden Organe beteiligen, erstens lange, einfache, mehr peripher gelegene Cylinderzellen, welche mit ausgefranzten Enden der Cutis aufsitzen, und dann fadenförmige Gebilde, welche aus einer kernhaltigen Mitte, einem peripheren, stark lichtbrechenden,

1) Zeitschrift für wissensch. Zoologie Bd. III.
2) Zeitschrift für wissensch. Zoologie Bd. XII. 1863. pag. 218.

Digitized by Google

stäbchenförmigen und einem centralen varikösen Fortsatz bestehen. Wenn es F. E. Schultze auch nicht gelungen war, den direkten Zusammenhang dieser Gebilde mit feinen Nervenfasern zu beobachten, so ähnelten dieselben doch sehr den von M. Schultze[1]) abgebildeten Riechzellen, dass es keinem Zweifel unterliegen konnte, es handle sich hier um die Neuroepithelien der becherförmigen Endorgane. Leydig[2]) hatte dieselben mit den Sinneshügeln oder Seitenorganen zusammengeworfen und mit dem Namen „Organe eines sechsten Sinnes" belegt; mit der Entdeckung stäbchenförmiger Neuroepithelien musste aber notwendiger Weise eine Trennung von den Sinneshügeln eintreten, indem diese nicht stäbchenförmige sondern kurze birnförmige, die Epidermis nicht in ihrer ganzen Dicke durchsetzende Neuroepithelzellen beherbergen.

Ausser Leydig und F. E. Schultze haben sich nun eine Reihe anderer Forscher mit den becherförmigen Organen beschäftigt[3]) und sie bei den verschiedenen Classen der Wirbelthierreihe nachgewiesen. Den Fischen kommen sie in ihren sämmtlichen Familien zu; sie sind hier regellos über die Haut verbreitet, namentlich an den Flossen und am Kopfe, sowie vor allem an den Barteln und Lippen und ausserdem noch im Innern der Mundhöhle bis zum Oeso-

1) Untersuchungen über den Bau der Nasenschleimhaut. 1862.

2) Nova acta academiae Leop. Carol. Bd. 34 1868.

3) Jobert, Annales des sciences naturelles. T. 16. V. série. 1872.
Todaro, Medic. Centralblatt Nr. 15. 1872.
Bugnion, Recherches sur les organes sensitifs, qui se trouvent dans l'epiderme du Protèe et de l'Axolotl. Diss. inaug. Zürich 1873.
F. E. Schultze, Archiv f. mikr. Anat. Bd. VI. 1870.
Leydig, Die in Deutschland lebenden Arten der Saurier. Tübingen 1872.
Leydig, Archiv f. mikr. Anat. Bd. VIII. 1872.
Leydig, Beiträge zur Kenntniss der Hautsinnesorgane der Fische. Halle 1879.

Digitized by Google

phagus hinab. Bei den Amphibien sind sie in der äusseren Haut verschwunden und haben ihre Stelle nur mehr im Innern der Mundhöhle; bei den erwachsenen Anuren haben sie ausserdem ihre Gestalt geändert, aus den becherförmigen, knospenartigen Gebilden sind flache Scheiben hervorgegangen. Mögen sie aber auch ihre Gestalt, mögen sie ihre Zusammensetzung gewechselt haben, eines bleibt doch als charakteristisch vorhanden, die stäbchenförmigen Endzellen, deren peripherer Fortsatz allerdings hier gablig getheilt ist. Bei den Reptilien finden sie sich nur mehr in einzelnen Familien in der Mundhöhle, bei den Ophidiern und ausserdem in der ganzen Klasse der Vögel fehlen sie vollständig und werden hier durch die von Merkel, Grandry, Herbst etc. näher beschriebenen Tastzellen und Tastkörperchen ersetzt.

Im Jahre 1868 gelang es nun Lovén[1]) und Schwalbe[2]), unsere Organe auch in der Mundhöhle der Säugethiere aufzufinden; sie haben hier ihren Sitz auf den Papillae fungiformes, vallatae und foliatae, ausserdem am weichen Gaumen und im Kehlkopfe bis zu den falschen Stimmbändern. Aber nicht nur die einzelnen Wirbelthierfamilien mit Ausnahme der Ophidier und Vögel sind mit den knospenartigen Endorganen in höheren oder geringerem Grade ausgestattet, auch bei Wirbellosen sind gleiche oder ähnliche Gebilde aufgefunden worden; so wurden sie von Eissig[3]) bei den Capitelliden, von Flemming[4]) bei Cephalophoren nachgewiesen. Von besonderem Interesse, namentlich in physiologischer Beziehung scheinen mir endlich noch die Angaben von Blaue[5]) zu sein, der unter dem Namen Geruchsknospen

1) Archiv für mikr. Anat. Bd. IV. 1868.

2) Archiv für mikr. Anat. Bd. III u. IV. 1867/68.

3) Mittheilungen der zoolog. Station zu Neapel. Bd. I pag. 306.

4) Archiv für mikr. Anat. Bd. XXV.

5) Zoologischer Anzeiger. Jahrg. V 127. Archiv für Anatomie und Physiologie (anat. Abth.) Jahrg. 1884. Heft 3 u. 4.

Digitized by Google

bei verschiedenen Gattungen von Fischen und bei Amphibienlarven ganz die gleichen Bildungen als Endorgane des N. olfactorius beschreibt; nur haben sie hier die Tendenz, breiter, voluminöser zu werden, um allmählig bei höherer Entwicklung sich zu einem flächenhaft ausgebreiteten Geruchsepithel umzuformen.

An der Hand dieser kurzen Zusammenstellung wird ersichtlich, wie ausgedehnt einmal das Ausbreitungsgebiet der becherförmigen Organe innerhalb der Thierreihe ist, und dann wie verschiedenen Nerven dieselben als Endorgane aufsitzen. Bei den Fischen finden sie sich ja ausser in der Mundhöhle regellos über die gesammte Körperfläche zerstreut, bei höheren Thierformen stellen sie die Endorgane der Geschmacksempfindung dar, während wieder bei einigen Fischen und den Amphibien in ihrem Larvenleben die Fasern des N. olfactorius in ihnen enden.

In Erwägung dieser Thatsache scheint es mir nun nicht uninteressant, unsere Gebilde in ihrer weitverzweigten Entwicklung einer kurzen Untersuchung in Bezug auf ihre physiologische Bedeutung zu unterziehen. Ihr Entdecker, Leydig, hatte sie, wie oben bereits erwähnt, mit anderweitigen teils nervösen theils drüsenartigen Gebilden mit dem Namen „Organe des sechsten Sinnes" belegt; diese Bezeichnung dürfte kaum eine gut gewählte sein, es scheint mir damit nicht viel mehr gesagt, als dass man sich über die physiologische Bedeutung mehr oder minder unklar ist und es möchte richtiger sein, sich die Frage vorzulegen: ist es nicht möglich, in den becherförmigen Organen die percipirenden Endorgane einer uns bekannten, geläufigen Sinnesempfindung zu finden? Diese Frage haben sich ja auch verschiedene Forscher, die sich mit dem Studium unserer Gebilde beschäftigten, gestellt, sind aber bei Beantwortung derselben keineswegs zu einer übereinstimmenden Meinung gelangt, vielmehr stehen immer noch unvermittelt zwei Ansichten gegenüber.

Digitized by Google

F. E. Schultze[1]) sagt über die Function der becherförmigen Gebilde folgendes:

„Man wird zugeben müssen, dass die frei ins Wasser hinausragenden zarten Endtheile für die Perception der im umgebenden Wasser gelösten Stoffe und deren chemischer Qualität besonders befähigt erscheinen. Der Umstand, dass die becherförmigen Organe nicht wie unsere Geschmacksorgane auf eine bestimmte Stelle localisirt, sondern durch die ganze Mundhöhle, die Innenseite der Kiemenbogen und über die ganze äussere Haut verbreitet sind, kann nicht befremden bei Thieren, welche nicht wie wir schmeckbare Lösungen allein mit der Zunge und dem Gaumen in Berührung bringen, sondern durch ihren Aufenthalt in diesen Lösungen selbst mit allen den Regionen, wo becherförmige Organe überhaupt vorkommen. Wir dürfen in dieser Einrichtung bei den Fischen sogar eine höhere Entwicklung des Geschmacksinnes insoferne erkennen, als bei diesen Thieren ein Schmecken auf weite Entfernung hin, ähnlich wie bei uns das Riechen, möglich wird. Denn dadurch, dass die im Wasser lösbaren, überhaupt Geschmacksempfindungen erregenden Substanzen nach allen Seiten hin durch das Wasser diffundiren oder auch durch Strömungen fortgeführt werden, gelangen Theilchen derselben in Lösung zur Körperoberfläche oder durch das Respiriren in die Mundhöhle der Fische und treffen hier auf die haarförmigen Enden der Geschmackszellen, können also im ersteren Falle vielleicht sogar ein Wahrnehmen der Gegend erzeugen, von welcher her eine schmeckbare Substanz diffundirt."

Wir sehen, Schultze lässt als adäquaten Reiz nur einen chemischen gelten und schreibt den Sinneszellen der becherförmigen Organe direkt Geschmacksempfindungen zu und zwar befände sich diese Fähigkeit bei den

1) Archiv für mikr. Anat. Bd. III pag. 154.

Digitized by Google

niederen Wirbelthieren in einer bei weitem intensiveren und extensiveren Entwicklung, als wir sie bei den höchsten Formen antreffen.

Ganz im Gegensatze dazu betrachtet Merkel[1]) die Endknospen, wie er die becherförmigen Organe nennt, bei den niederen Wirbelthieren ganz entschieden und zwar ausschliesslich als Tastorgane und stützt dies namentlich damit, dass es ein nothwendiges Postulat sei, die Fische mit Tastapparaten ausgerüstet zu wissen und dass ausser den Seitenorganen und Endknospen andere sensible Nervenendorgane nicht aufzufinden seien. Auch ihre Lage auf Flossen, Barteln etc. spreche für ihre Natur als Tastapparate. Nun geht aber Merkel noch einen Schritt weiter, indem er auch diejenigen Endknospen, welche von den Fischen bis herauf zu den Reptilien im Innern der Mundhöhle vorkommen, nur als Tastorgane gelten lässt und den N. glossopharyngeus genau wie den N. trigeminus als reinen Gefühlsnerven ansieht, wonach den genannten Thierklassen eine Perception chemischer Reize überhaupt unmöglich wäre. Erst bei den Säugethieren, wo ja alle animalen Verrichtungen complicirter werden, würde sich dann der N. glossopharyngeus aus einem rein sensiblen Nerven umwandeln zu einem Sinnesnerven und zwar speziell zu einem für chemische Reize ausgestatteten Sinnesnerven und erst bei dieser Thierklasse hätten wir es mit einem eigentlichen Geschmacksorgane zu thun. Nun scheinen aber neuere Beobachtungen ganz gegen die Merkel'sche Ansicht zu sprechen, namentlich sind es die schon erwähnten Angaben von Blaue[2]) und Versuche von Graber[3]) über die Perception chemischer

1) Die Endigungen der sensiblen Nerven in der Haut der Wirbeltiere. Rostock 1880. pag. 90—94.

2) a. a. O.

3) Biolog. Centralbatt Bd. V Nr. 16.

Digitized by Google

Reize durch die äussere Haut. Vor allem sind es eben nur wasserbewohnende Thiere, deren äussere Haut mit Endknospen ausgestattet ist und man muss doch unabweisbar verlangen, dass Wesen, die ihr ganzes Leben im Wasser zubringen, geeigenschaftet sein müssen, sich über die Qualität des Mediums, in dem sie leben, orientiren zu können und daher müssen Sinnesorgane vorhanden sein, welche in der chemischen Beschaffenheit des Mediums ihren ädäquaten Reiz finden. Dass eine solche Perception chemischer Qualitäten wirklich statt hat, dafür scheinen doch mit einiger Evidenz die Graberschen Versuche zu sprechen.

Auch der Fund von Blaue, dass Knospen als Endorgane des N. olfactorius auftreten, scheint darauf hinzudeuten, dass, wenigstens unter anderen, der adäquate Reiz ein chemischer ist. Es lässt sich nämlich, wenn wir den Folgerungen von Merkel folgen, doch nicht gut annehmen, dass plötzlich in der funktionellen Bedeutung der Endknospen eine solche Wandlung eintreten soll, je nachdem sie als Endorgane des N. olfactorius einerseits, des N. glossopharyngeus und der sensiblen Hautnerven andererseits fungiren; vielmehr halte ich es für mehr oder minder willkürlich, dass ein und dieselben Organe in der Nase auf chemische, in der Mundhöhle und auf der Körperhaut auf Tasteindrücke reagiren sollen.

Für die Säugethiere und den Menschen kann natürlich die funktionelle Bedeutung der Endknospen keine strittige sein, alte Erfahrungen und Untersuchungen haben zu Genüge festgestellt, dass hier eine Perception von Geschmacksreizen in den Bahnen des N. glossopharyngeus erfolgt, und ist es auch bisher noch nicht gelungen, wenigstens einwurfsfrei den Zusammenhang dieser Nervenfasern mit den Neuroepithelien der Endknospen unter dem Mikroscop direkt zu demonstriren, so haben doch Hönigschmied und Vintsch-

Digitized by Google

gau[1]) diesen Zusammenhang dadurch unanfechtbar bewiesen, dass sie die Endorgane durch Durchschneidung des N. glossopharyngeus in kurzer Zeit zum Verschwinden bringen konnten.

Dieser Excurs, in dem wir die mögliche physiologische Bedeutung der Endknospen klar zu machen versuchten, hat uns wieder zurückgeführt zu den Säugethieren und wir wollen uns nun an der Hand der einschlägigen Litteratur darüber orientiren, was bisher über den feineren Bau der Endknospen bei dieser Thierklasse bekannt geworden ist. Die Ansichten derjenigen beiden Autoren, Lovèn und Schwalbe, welche sie hier zuerst nachgewiesen haben, werden uns natürlich vor Allem interessiren müssen.

Lovèn[2]) findet die Geschmacksknospen zusammengesetzt aus „wenigstens zwei verschiedenen Arten von Elementen, theils aus modificirten Epithelien (Stütz- oder Deckzellen), theils aus eigenthümlichen stäbchenförmigen Zellen, welche aller Wahrscheinlichkeit nach als Nervenendgebilde aufzufassen sind". Erstere sind länglich, platt, und machen, einander dachziegelförmig deckend, den äusseren und grössten Theil jeder Geschmacksknospe aus. Nach oben laufen diese Zellen in schmale Spitzen aus, welche gegen das in der äussersten Schicht des Epithels befindliche Loch (Geschmacksporus) convergieren, nach unten dagegen werden sie zu langen feinen, oft verästigten Fäden verjüngt, die, bald mit anderen cellulären Elementen sich verbinden, bald in die Schleimhaut eindringen, wo sie dem weiteren Verfolgen sich entziehen. Sie sind sehr blass, mit äusserst schwachem Umrisse und gewöhnlich mit einem ovalen Kerne versehen. Diese Zellen umgeben nun die eigentlichen Geschmacks-

1) Archiv für die gesammte Physiologie Bd. XIV u. Bd. XXIII 1880.

2) l. c. pag. 102 ff.

Digitized by Google

zellen. Die letzteren zeichnen sich von den umgebenden Gebilden durch ihren eigenthümlichen, matten Glanz aus und bestehen aus einem dickeren, ovalen, kernhaltigen Theil (Zellenkörper) und aus zwei davon entspringenden Ausläufern, von denen der eine gegen die Spitze der Knospe läuft und cylindrisch, stäbchenförmig ist, der zweite in der Gestalt eines langen feinen Fadens in die unterliegende Schleimhaut eindringt. Bei Untersuchung im frischen Zustand ist das ganze Gebilde fast vollkommen homogen, erst nach längerer Maceration erscheint ein homogener, jeder Spur eines Kernkörperchens entbehrender Kern. Der centrale Fortsatz ist ein feiner, gewöhnlich variköser Faden, der im frischen Zustand denselben matten Glanz zeigt wie die übrige Geschmackszelle und vollkommen dem Axencylinder eines Nervenfadens gleicht." Die Zahl der Geschmackszellen einer Knospe gibt Lovèn als 1—2 an.

Ich glaubte, die Angaben Lovèn's hier deswegen ausführlicher anführen zu müssen, da es nun einfacher sein wird, das wenige, was andere Untersucher denselben zufügen konnten, einzureihen. Schwalbe[1]), der ja wie gesagt, die Endknospen gleichzeitig mit Lovèn bei den Säugethieren auffand, bestätigt des Letzteren Angaben im Grossen und Ganzen vollständig und sind es nur einige neue Punkte, die dieser Forscher hinzufügt. Schwalbe findet die Spitze der Knospen besetzt von „einem Kranze von feinen Härchen, die mit ihren Spitzen convergierend nach innen gerichtet sind und so gleichsam den Eingang zum Innern der Knospe schirmen" und lässt diese Härchen den Stützzellen aufsitzen. Auch in Bezug auf die Geschmackszellen bringt er einiges Neue, er sieht den peripheren Fortsatz dieser Zellen nicht spitz mit einem Härchen, sondern abgestutzt aufhören und denselben in ein schmales, hellglänzendes, oben scharf

1) l. c. pag. 164 ff.

Digitized by Google

abgeschnitten endendes Stiftchen übergehen. Diese Zellen heisst er Stiftchenzellen und trennt sie von anderen, ihnen ähnlichen Gebilden, deren peripherer Fortsatz kürzer und gleichmässig breit ist und vorn abgestutzt ohne Stiftchenaufsatz endet; der Kern dieser Zellen enthält meist ein Kernkörperchen, der centrale Fortsatz lässt die bei den Stiftchenzellen geschilderten Varicositäten vermissen. Diese Gebilde belegt er mit dem Namen Stabzellen. Die Zahl der in den einzelnen Knospen enthaltenen Sinneszellen beträgt gewöhnlich 4 — 6, scheint aber bei dem Menschen grösser zu sein.

Auch die späteren Untersucher (v. Wyss, Krause, Engelmann, Hönigschmied etc.) wissen im Wesentlichen nicht viel Neues über die histologische Zusammensetzung der Geschmacksknospen zu melden und beschränken sich darauf, die Lovèn-Schwalbe'schen Angaben mit Ausnahme einiger weniger Punkte, so z. B. des „Härchenkranzes" sowie der „Stabzellen" Schwalbe's, zu bestätigen.

Nur Ranvier und Vintschgau fügen diesen Angaben einige Punkte bei. Ranvier[1]) macht darauf aufmerksam, dass die Stützzellen keineswegs blos in der Peripherie der Geschmacksknospen als Hülle für die central gelegenen Neuroepithelien vorhanden sind, sondern dass auch zwischen letzteren einzelne Stützzellen vorkommen, die Ranvier mit dem Namen „innere Stützzellen" belegt.

Vintschgau[2]) fand bei seinen Untersuchungen über den Zusammenhang der Knospen mit den Endfasern des N. glossopharyngeus das Protoplasma der Deckzellen im Allgemeinen blass und kaum granulirt; es lassen sich jedoch, allerdings nur in sehr spärlicher Anzahl, Deckzellen nachweisen, deren Protoplasma nach Einwirkung von Osmium-

1) Ranvier, technisches Lehrbuch der Histologie Lief. 6 pag. 870.
2) Archiv f. d. gesammte Physiologie Bd. XXIII 1880. pag. 6—7.

Digitized by Google

säure stärker granulirt ist. Ausserdem kommen nun, manchmal in jeder Geschmacksknospe, einzelne Deckzellen zur Beobachtung, die von kleinen, durch Osmium schwarz gefärbten Körnchen durchsetzt sind. Diese Körnchen „sind um ein helles Centrum (Kern) abgelagert, oder dieselben lagern sich nur um eine Seite des hellen Kernes in Form eines Conus, oder schliesslich nach zwei entgegengesetzten Polen, so dass eine Art Spindel entsteht, in deren Mitte der Kern liegt. Die Längsaxe entspricht mehr oder weniger der Längsaxe der Deckzelle. Auch kommt es vor, dass man eine dunkle Kugel vor sich hat, deren Oberfläche ein maulbeerartiges Aussehen hat." Vintschgau nennt diese Bildungen „Körnchenhaufen" und betrachtet die verschiedenen Bilder als Phasen eines einzigen Processes, einer Verfettung der Deckzellen, und hält es für denkbar, dass die Deckzellen einer fortwährenden Degeneration und Regeneration unterworfen sind", ohne aber als Stütze seiner Vermuthung direkte Beobachtungen anführen zu können. Ranvier[1]) nun bestreitet diese Beobachtungen von Vintschgau auf das Entschiedenste und wirft diesem eine Verwechslung mit fetthaltigen Leucocyten vor, die man häufig das Innere der Geschmacksknospen durchwandern sieht, und von denen er glaubt, dass sie möglicherweise, ähnlich wie bei der Bildung der Stomata der serösen Membranen, bei der Bildung des Geschmacksporus eine Rolle spielen.

Bei einem Organe, das von vorneherein so sehr als nervöses Endorgan imponirte, wie die Geschmacksknospen, muss es selbstverständlich erscheinen, wenn sämmtliche Autoren sich darum bemühten, den Zusammenhang der Neuroepithelzelle mit der einzelnen Nervenfaser unter dem Mikroscop nachzuweisen. Allein so zahlreich die Bemühungen waren, so gering waren die Ergebnisse. Unter der macerirenden

1) l. c. pag. 873.

Digitized by Google

Wirkung sehr dünner ($^1/_{50}\%$) Chromsäure war es allerdings Lovèn und Schwalbe gelungen, Nervenfasern in feine Fäden auslaufen zu sehen, „die den centralen Fortsätzen der Geschmackszellen absolut ähnlich sahen", allein damit ist ja ein Zusammenhang ersterer mit letzteren noch nicht erwiesen. Und auch die späteren Versuche von Ranvier, Sertoli, Hönigschmied, Drasch unter Anwendung von Goldchlorid waren nicht glücklicher. Es fand sich, dass die Geschmacksknospen in ähnlicher Weise reducirend auf das Goldsalz einwirkten, wie die Nervensubstanz, es waren jedoch die Knospen in toto schwarz gefärbt und blieb dadurch die Frage nach dem Endschicksal der zutretenden Nervenfäserchen immer noch eine unentschiedene. Am vollkommensten scheint immer noch eine Abbildung in Stöhr's histologischem Lehrbuche zu sein; hier sieht man wenigstens einige schwarz gefärbte Fäserchen die im übrigen hell gebliebene Knospe der Länge nach durchsetzen, allein auch diese Zeichnung dünkt mir nicht ganz einwurfsfrei zu sein, da die durch Gold geschwärzten Fäserchen das bekannte Bild der Neuroepithelzelle absolut nicht mehr erkennen lassen.

Sertoli[1]), der seine Versuche an der Pap. vallata des Pferdes anstellte, lässt auch in dem indifferenten, die Knospen umgebenden Epithellager einen ausserordentlichen Reichthum feiner Fäden „einer aufgerichteten Mähne ähnelnd" bis gegen die Oberfläche durchtreten und glaubt, dass es sich dabei um Geschmacksnervenfasern handle.

Abgesehen davon, dass auf den Abbildungen von Sertoli in der Schleimhaut gar vieles als Nervenfaser gezeichnet ist, was sich wohl sicher als Bindegewebe erweisen würde, bin ich natürlich weit davon entfernt, die Existenz dieser intraepithelialen Nervenfäserchen zu leugnen, sind dieselben

1) Moleschott, Untersuchungen zur Naturlehre Bd. XI pag. 403 – 415.

Digitized by Google

ja doch von den verschiedensten Autoren nachgewiesen worden, — nur gegen die Auffassung derselben als geschmacksempfindende Fasern möchte ich mich wenden. Betrachtet man die Abbildung von Sertoli etwas genauer, so sieht man die intraepithelialen Fasern gerade unter der Schichte verhornender Zellen mit kleinen Knöpfchen endigen. Nun wird man mir wohl darin beistimmen müssen, dass die Chancen für die Perception eines chemischen Reizes nicht eben günstig sich gestalten, wenn die percipirenden Nervenenden gewissermassen durch eine isolirende Schichte von der schmeckenden Substanz getrennt sind; denn wir müssen uns doch wohl gerade die obersten Schichten des Epithellagers aus zu spröden, wenig imbibitionsfähigen Elementen zusammengesetzt denken, als dass sie in der eminent kurzen Zeit, die zu einer Geschmacksempfindung nothwendig ist, sich gewissermassen mit der schmeckenden Flüssigkeit vollsaugen und so dieselbe zu den percipirenden Nervenenden fortleiten könnten. Drasch[1]), der sich ausführlich mit den Nerven der Geschmacksregion beschäftigt, lässt „die Mehrzahl der geschmacksempfindenden Fasern im Blattstroma selbst enden und nur eine geringe Menge derselben zu den Knospen umbiegen und in deren Innerem ihr Ende finden.“ Wer nun die Grössenverhältnisse der Pap. foliata nur einigermassen kennt, wird sich nicht verhehlen können, dass die Methode von Drasch, — Abtragen der einzelnen Papillenblätter mit einem feinen Messerchen und nachherige Färbung — für histologische Fragen so subtiler Natur, wie es das Studium der Nervenendigung ist, nicht eben geeignet erscheint. Aber, davon ganz zu schweigen, so gilt für die Ansicht von Drasch dasselbe, was ich gegen Sertoli einwenden zu müssen glaubte, in noch erhöhtem Massstabe. Drasch scheint sich zwar selbst

1) Sitzungsberichte der kaiserl. Academie der Wissenschaften III. Abth. Bd. 88. 1883.

Digitized by Google

die Frage nach dem Modus der Erregung dieser tief gelegenen Nervenenden vorgelegt zu haben, denn er sieht sich seiner Ansicht zu liebe veranlasst, die Geschmacksknospen selbst als „capilläre Vorrichtungen" aufzufassen, eine Anschauung, über die ich offengestanden bis jetzt noch nicht ins Klare kommen konnte.

Wenn wir nun aus dem, was die verschiedenen Autoren über den Bau der Geschmacksknospen berichten, ein Gesammtbild entwerfen, so stimmen darin alle Angaben überein, dass die Geschmacksknospen aus zweierlei Zellen bestehen, von denen die einen als platte Gebilde in mehreren Schichten „wie die Blätter einer Zwiebel sich deckend" einen Kelch darstellen, dessen Inneres von der zweiten Sorte von Zellen, den Neuroepithelien, ausgefüllt wird; von letzteren konnte zwar experimentell nachgewiesen werden, dass sie als Endgebilde des N. glossopharyngeus fungiren, direkt konnte jedoch bisher dieser Zusammenhang nicht eruirt werden.

Als ich bei Gelegenheit meiner[1]) „Studien über die Entwicklungsgeschichte des Geschmacksorganes" mich über den Bau des Geschmacksknospen zu orientieren suchte, war es mir schon klar geworden, dass das obige Bild der Wirklichkeit nicht vollkommen entsprechen könne und ich beschloss daher unter Zuhilfenahme der modernen histologischen Methoden der Frage nach der Struktur dieser nervösen Endapparate näher zu treten, Untersuchungen, deren Resultate in Nachfolgendem der Oeffentlichkeit übergeben werden mögen.

Bevor ich jedoch dazu übergehe, möchte ich in Kürze der Untersuchungsmethoden Erwähnung thun, deren ich mich bediente. Ich benutzte fast ausschliesslich die Papilla foliata des Kaninchens, einerseits wegen der leichteren Beschaffung frischen Materiales, andererseits aber namentlich deswegen,

1) Archiv für mikr. Anat. Bd. 24. 1884.

Digitized by Google

weil hier die Anordnung der Geschmacksknospen innerhalb geradlinig verlaufender paralleler Papillen die Möglichkeit übersichtlicher Schnittreihen weit eher zuliess, als dies in der Papilla vallata der Fall gewesen wäre. Zur Fixirung und Härtung machte ich von den verschiedensten Mitteln Gebrauch; schon gleich von Anfang sah ich, dass sich von der Anwendung von Müller'scher Lösung und Chromsäure nicht eben günstige Resultate erwarten liessen, da diese Flüssigkeiten entgegen den Angaben von v. Wyss die empfindlichen Gebilde allzusehr verändern. Ich kehrte desshalb wieder zur Anwendung der Osmiumsäure, die schon von Schwalbe seiner Zeit so warm empfohlen worden war, zurück und erwies sich dieses Reagens gerade für den vorliegenden Zweck als das souveräne Härtungsmittel. Ganz vortreffliche Resultate erhielt ich auch, namentlich für einige besondere Fragen, durch das Flemming'sche Gemisch (Chromosmiumessigsäure) und es wurde dieses neben reiner Osmiumsäure am meisten in Anwendung gezogen. Daneben kamen mit besserem oder geringerem Erfolge Sublimat, Picrinsäure und Picrinschwefelchromsäre in Betracht. Zur Tinction verwandte ich neben Carmin und Hämatoxylin für reine Osmiumpräparate, in ausgedehntem Masse die Anilinfarben, vor allem Gentianaviolett nach der Gram'schen Vorschrift; zuletzt kam ich auf eine Methode der succesiven Färbung mit Saffranin und Gentianaviolett, die ebenso instructive, wie elegante Bilder lieferte. Durch die combinirte Anwendung dieser beiden Farbstoffe erhält man nämlich insoferne sehr deutliche Präparate, als das Saffranin nur von den wahren Nucleolen, den Karyomitosen und den Degenerationsstadien der Kerne festgehalten wird, während sich das Chromatingerüste der ruhenden Kerne violett färbt. Von dem Studium der die Geschmacksknospen zusammensetzenden Elemente an Isolationspräparaten glaubte ich absehen zu müssen, da ich beobachten konnte, dass gerade diejenigen

Digitized by Google

Mittel, welche eine Isolation ermöglichen, auf die zarten Gebilde zerstörend einwirken und so nur zu Trugbildern Veranlassung geben. Ich beschränkte mich desshalb auf die Untersuchung sehr feiner Serienschnitte, die ich in der Längs- und Queraxe der Knospen anlegte.

Gehen wir nun an eine Betrachtung der feineren Strukturverhältnisse, die sich mit Zuhifenahme obiger Methoden an den Geschmacksknospen eruiren lassen, so sind es vor allem die Stützzellen, die uns interessiren werden, und mag hier gleich vorausgeschickt werden, dass ich über die Beschaffenheit derselben zu wesentlich anderen Ansichten gelangte, als die früheren Untersucher. Diese sehen ja sämmtlich in den Stützzellen platte, schüppchenförmige Gebilde, die, sich dachziegelförmig deckend und in concentrischen Kreisen gelegen, gewissermassen die Rinde der einzelnen Knospen bilden, nur Ranvier's und Stöhr's Beschreibung lassen sie als etwas voluminösere Elemente erscheinen. Nun lässt sich aber unter Zuhilfenahme schonender Härtungsmethoden leicht nachweisen, dass wir es bei den Stützzellen absolut nicht mit platten Zellen zu thun haben, sondern dass es vollsäftige, kräftig contourirte, im Allgemeinen pyramiden- oder spindelförmige Zellindividuen sind, die, durch eine geringe Menge Kittsubstanz mit einander verbunden, ohne eigentliche bestimmte Anordnung in „concentrischen Ringen oder sich dachziegelförmig deckend" an einander liegen und die Neuroepithelzellen zwischen sich fassen. Um nun zu einer detailirten Beschreibung dieser Gebilde übergehen zu können, wird es sich als unbedingt notwendig erweisen, eine Trennung der stützenden Elemente der Geschmacksknospen in äussere und innere Stützzellen vorzunehmen, da es sich gezeigt hat, dass dieselben nicht nur in ihrer topographischen Anordnung in der Knospe und ihrer Gestalt, sondern auch in ihrer feineren Structur von einander verschieden sind. Es mag aber gleich hier bemerkt werden, dass diese äusseren

Digitized by Google

Stützzellen keineswegs eine eigentliche Rinde stricto sensu für die einzelne Knospe darstellen, sondern man findet eben nur diese Elemente häufiger peripher gelegen. Dieselben stellen recht voluminöse Gebilde dar, die im allgemeinen von pyramiden- oder spindelförmiger Gestalt, mit scharfen und glatten Contouren aneinanderstossen und pfeilerartig in das Innere der Knospe vorspringen (Fig. 1). Haben sie, wie das häufiger ist, die Form einer Pyramide, so ist die Grundfläche derselben der Schleimhaut zugewendet und dieselbe zeigt sich stets in eine grössere oder geringere Anzahl feiner Fortsätze zerspalten. Bei den mehr spindelförmigen Zellen vermisst man im Allgemeinen diese faserigen Fortsätze, doch glaube ich in einigen Fällen auch hier, wenn auch nur in sehr geringer Entwicklung, solche wahrgenommen zu haben. Nach der Peripherie zu verjüngen sich die äusseren Stützzellen ziemlich rasch und laufen sich abplattend, in eine schmale Kante aus, die, wie sich bei guter Beleuchtung und mit starken Immersionssystemen erkennen lässt, mit einem fein gestrichelten Saume besetzt ist. Dieser Saum, mit dem wir uns, wenn wir auf den Zusammenhang der einzelnen Elemente in der Knospe zu sprechen kommen werden, noch zu beschäftigen haben, erscheint an Osmiumpräparaten als eine ziemlich dunkelgefärbte feine Linie und wird auch von Gentianaviolett leicht blau gefärbt. Was den Zellenleib betrifft, so ist derselbe, wie sich namentlich durch Osmiumbehandlung, sowie mit der Heidenhain'schen Hämatoxylin-Methode leicht nachweisen lässt, von einem sehr deutlichen, feinmaschigen Netzwerke durchsetzt; die Maschen dieses Netzes sind im allgemeinen rundlich, in der dem Kern zunächst anliegenden Partie ziemlich weit, während sie sich in dem peripheren Stücke der Zelle stark in die Länge ziehen und so der Zelle eine exquisit streifige Structur verleihen. Gewöhnlich in dem unteren, nie aber in dem peripheren Theile, findet sich der Zellkern; derselbe ist sehr gross, fast

Digitized by Google

kugelig, bläschenförmig und zeichnet sich vor allem durch eine geringere Aufnahmsfähigkeit für Farbstoffe aus. In Osmiumpräparaten, die mit Carmin oder Hämatoxylin tingirt sind, erscheint er stets als ein blass und homogen gefärbtes Bläschen, das in seinem Innern 2 oder 3 dunkler gefärbte, immer excentrisch gelegene Nucleolen birgt. Wendet man nach Fixirung in Flemming'scher Lösung eine schärfere Kerntinction durch Gentianaviolett oder Saffranin an, so gelingt es allerdings immer ein Chromatingerüste nachzuweisen, dasselbe zeigt sich jedoch ausserordentlich dünn und zart und findet sich nur an der Peripherie des Kernes, während die Mitte ganz farblos erscheint, oder doch nur von vereinzelten Chromatinbälkchen durchzogen wird. Auch die mehrfach vorhandenen, dunkel gefärbten Nucleolen finden sich in dem peripheren Kerntheile.

Die zweite Art stützender Elemente, die wir in den Geschmacksknospen finden, zeigt zartere, gracilere Formen als die eben beschriebenen Gebilde (Fig. 2). Nur in geringer Zahl in der einzelnen Knospe vorhanden, haben diese Zellen die Gestalt lang ausgezogener Cylinderzellen, mit einer verbreiterten ebenfalls durch den Besitz zarter protoplasmatischer Ausläufer ausgezeichneten Basis und einem sich allmählig verjüngenden peripheren Theile. Ueber die Beschaffenheit dieses letzteren ist es mir leider trotz vieler Bemühungen nicht gelungen, ins Klare zu kommen, da gerade an der Spitze der Knospe auf äusserst geringem Raume verhältnissmässig so viele Elemente zusammentreffen, dass die Schwierigkeiten, ein einzelnes sicher verfolgen zu können, ungemein gross werden. Nur soviel konnte ich als vollständig sicher feststellen, dass diese Zellen niemals mit einem stiftchen- oder haarförmigen cuticularen Aufsatze, wie ihn die Neuroepithelien besitzen, versehen sind, ein Verhalten, das mich eben auch veranlasste, diese Zellen den Stützelementen der Geschmacksknospen zuzuzählen. Manchmal glaubte ich mich

Digitized by Google

an Querschnitten durch die Knospen, die gerade die Spitze derselben getroffen hatten, mit einiger Sicherheit davon überzeugen zu können, dass die beschriebenen Gebilde einfach abgestutzt, auf dem Querschnitte kreisförmig oder auch polygonal endigen. Das Protoplasma dieser „inneren Stützzellen" ist nun ebenfalls netzförmig, jedoch dichter granulirt, wodurch die Zelle ein dunkleres Aussehen erhält, als die „äusseren Stützzellen", was sich namentlich gut nach Färbung mit Heidenhain'schem Hämatoxylin darstellen lässt. Der Kern ist ellipsoid oder birnförmig und von einem zarten jedoch wohl ausgebildeten Chromatingerüste durchsetzt, in dem ich jedoch nie eigentliche Nucleolen aufzufinden vermochte. Ich kann es nicht unterlassen, bei Erwähnung dieser Zellen an jene Gebilde zu erinnern, die Schwalbe[1]) „Stabzellen" genannt hat. Derselbe erblickt in ihnen eine eigenthümliche Art von Neuroepithelzellen und beschreibt sie als Zellen, in deren Kern zuweilen ein Kernkörperchen vorkommt und deren peripherer Fortsatz gleichmässig breit und vorn abgestutzt ist, jedoch des Stiftes entbehrt. Auch fehlen an dem centralen Fortsatze die Varicositäten und auch das Kernkörperchen ist keineswegs als charakteristisch für diese Art von Zellen anzusehen. Die Abbildungen Schwalbe's über diese Gebilde stimmen, was den peripheren Theil betrifft, vollkommen überein mit dem, was ich über die von mir als „innere Stützzellen" bezeichneten Elemente feststellen konnte, nur in der Beschaffenheit des centralen Theiles findet eine bedeutende Differenz statt. Erwägt man aber, dass Schwalbe an seinen Isolationspräparaten auch die „äusseren Stützzellen" mit einem langen fadenförmigen centralen Fortsatze versehen zeichnet, was ich nach meinen Schnittpräparaten absolut nicht anerkennen kann, so kann man sich der Annahme nicht erwehren, dass dieser Forscher als Stab-

1) a. a. O.

Digitized by Google

zellen möglicherweise die nämlichen Elemente vor Augen gehabt hat, die ich eben wegen des „Mangels eines Stiftes" den Stützzellen zuzusprechen mich veranlasst sehe.

Nun muss ich noch einer anderen Art von Zellen Erwähnung thun, die ebenfalls zu dem Stützgewebe der Geschmacksknospen gehören, Zellen, die, wie sich an der Hand der Literatur ergeben wird, schon von mehreren Untersuchern gesehen worden sind, jedoch in ihrer Beschaffenheit, sowie ihrer Bedeutung nicht richtig aufgefasst worden sein dürften. So sagt Lovèn, dass die Knospen mit ihrem Halse, „unmittelbar der Schleimhaut aufsitzen", lässt aber an einigen seiner Figuren die Elemente der Knospen nicht direkt mit der Schleimhaut, sondern mit den Basalzellen, die als cylinderische, kolbige Gebilde die unterste Reihe des geschichteten Zungenepithels darstellen, in Verbindung stehen. Ganz dasselbe gilt von Schwalbe. Auch an den Figuren bei Krause. Ranvier, Engelmann und Stöhr finden sich bodenständige mit ihrer Längsaxe der Schleimhautoberfläche mehr oder minder parallel laufende Kerne eingezeichnet, ohne dass freilich der dazu gehörende Zellleib abgebildet ist. Es gelang mir nun, nachzuweisen, dass diese von verschiedenen Autoren schon gesehenen Kerne eigenthümlichen Zellen angehören, die als platte, höchstens schwach kegelförmige Gebilde zunächst der Schleimhaut aufliegen und so die eigentliche Basis für die die Knospe zusammensetzenden Elemente abgeben, wesshalb ich für dieselben den Namen „Basalzellen der Knospen" wähle (Fig. 2, 3, 4 u. 5). Von fein granulirtem Aussehen und mit einem deutlichen, ellipsoiden Kerne versehen, senden diese Zellen massenhaft feine, sich dichotomisch theilende Protoplasmafortsätze aus, und stehen durch dieses Maschenwerk unter sich sowohl, wie auch mit dem Schleimhautstroma in Verbindung. Dagegen sieht man nur einige wenige kurze Fäserchen von dem der Knospe zugewandten Theile der Basalzelle sich erheben, von denen

Digitized by Google

sich leicht nachweisen lässt, dass sie continuirlich in die Protoplasmafasern der Stützzellen übergehen. Bei dem kleinen Areal, welches von der Basis einer Knospe eingenommen wird, muss es nun natürlich erscheinen, dass die beschriebenen Basalzellen sich nur in sehr geringer Anzahl in der einzelnen Knospe auffinden lassen, gewöhnlich sind es deren 2—4, nur in manchen ausnehmend grossen Knospen und namentlich in den ja sehr häufig zur Beobachtung gelangenden Zwillingsknospen kamen sie mir reichlicher zu Gesicht und fiel es mir dabei auf, dass sie in solchen Fällen höher sind und sich enger aneinanderlegen wie gewöhnlich. An feinen Querschnitten durch die Geschmacksknospen bilden nun die Basalzellen ein protoplasmatisches Netz, das so sehr an die Bilder, wie sie Ranvier[1]), Stöhr[2] und Andere von der Geruchsschleimhaut geben, erinnert, dass ich mich für sicher berechtigt halte, hierin vollkommen analoge Bildungen zu erblicken, ein Umstand, der mir insoferne von Interesse zu sein scheint, als er einen neuen Beweis liefert für die engen morphologischen Beziehungen zwischen Geruchs- und Geschmacksorgan, auf die ja in letzter Zeit durch die Untersuchungen von Blaue[3]) in so überzeugender Weise hingewiesen wurde. An Präparaten aus Chromosmiumessigsäure liess sich an günstigen Querschnitten, die nur das die Basalzellen mit der Schleimhaut verknüpfende Protoplasmanetz isolirt trafen, noch etwas anderes zur Ansicht bringen; ich sah nämlich in dem Schleimhautstroma dichte Bündel scharf contourirter, glänzender, feinster Fäserchen, die sich sogleich von den faserigen Elementen der Schleimhaut selbst unterscheiden, gegen die Basis der Knospe herantreten und nachdem sie sich auf ihrem Wege manchfach spitzwinklig ge-

1) Technisches Lehrbuch der Histologie Lief. 6 pag. 859.
2) Lehrbuch der Histologie pag. 238.
3) a. a. O.

Digitized by Google

theilt haben, in das Protoplasmanetz der Basalzelle einsenken, wo sich ihr weiterer Verlauf allerdings dem entzieht.

Nach dem ganzen Eindruck, den diese Fäserchen mich gemacht haben, bin ich nun wohl geneigt, diese für Bündel feinster Nervenfibrillen zu halten, bin mir wohl bewusst, dass ich nicht im Stande bin, den direkten Beweis für die Richtigkeit dieser Annahme zu erbringen, obwohl sich immerhin einiges zur Stütze derselben anführen liesse. Ich erinnere hier namentlich an eine Notiz Kölliker's[1]), dem sich gerade für die Darstellung feinster Nervenfibrillen die Chromosmiumessigsäure sehr bewährte, und dann mag auch noch das angeführt werden, dass ich in den Theilungswinkeln der Fäserchen dieselben dreieckige Verbreiterungen fanden, wie sie ja bei sich theilenden Nervenfibrillen vorzukommen pflegen.

In einer jüngst erschienenen Arbeit beschreibt Drasch[2] auf Grund von Goldpräparaten ebenfalls dieses Maschenwerk und bildet dasselbe auf Taf. V Fig. 2 ab; dasselbe stimmt so vollständig mit dem Netzwerk, das ich auf Taf. III Fig. 4 gebe, überein, dass ich keinen Augenblick im Zweifel bin, anzunehmen, dass Drasch die nämlichen Bildungen vor Augen gehabt hat. Nur mit seiner Deutung als „korbartig die Knospennischen überziehendes Nervennetz" kann ich nicht übereinstimmen, da ich den Zusammenhang des Netzwerkes mit den sternförmig verzweigten Basalzellen, wie Fig. 4 zeigt, auf das Deutlichste nachzuweisen vermochte, ein Umstand, welcher Drasch. der ausschliesslich an Präparaten arbeitete, an denen sämmtliche epithelialen

1) Zeitschrift für wissensch. Zoologie Bd. XLIII.

2) O. Drasch, Untersuchungen über die Papillae foliatae et circumvallatae des Kaninchens und Feldhasen. Abhandlungen der k. sächs. Gesellschaft d. Wissenschaften. Math.-phys. Cl. Bd. XIV Nr. 5.

Digitized by Google

Gebilde entfernt waren, natürlich entgehen musste. Ich sehe vielmehr in dem beschriebenen Netzwerk ein Gewebe, das vielleicht in ähnlicher Weise wie die reticulären Schichten der Retina den in die Knospe eintretenden feinen Nervenfibrillen als Stütze zu dienen bestimmt ist.

Auf eine weitere functionelle Bedeutung, die an die Basalzellen geknüpft ist, soll erst weiter unten eingegangen werden.

Nachdem ich das, was mir durch meine Untersuchungen über die einzelnen Formelemente des Stützapparates der Knospen nachzuweisen gelang, mitgetheilt, erübrigt noch, die wenigen Punkte anzuführen, in denen ich mit den Angaben der Autoren über die Structur der Neuroepithelien nicht übereinzustimmen, oder denselben Neues hinzuzufügen vermag. Im Grossen und Ganzen kann ich mich den Angaben Lovèn's, Schwalbe's und Anderer nur anschliessen, denn es scheint, dass gerade auf diese zarten zelligen Gebilde die Wirkung dissociirender Lösungen von Chromsäure und Chromaten eine weit weniger deletäre ist als auf die Stützelemente. Auch ich sehe in diesen Neuroepithelien spindelförmige Zellen mit einem centralen fadenförmigen und einem breiteren, mit einem cuticularen Stiftchen ausgerüsteten peripheren Fortsatze (Fig. 6 a). Der Kern ist exquisit spindelförmig, besitzt ein wohl entwickeltes zartes Chromatingerüste, jedoch war es mir nicht möglich, eigentliche Nucleolen darin wahrzunehmen. Ziemlich häufig lässt sich nun beobachten, dass der Kern platt erscheint, was darin seinen Grund hat, dass die Neuroepithelien fest zwischen den Stützelementen stecken und dadurch der Kern stark abgeflacht wird. Derselbe zeigt sich von einem äusserst spärlichen Protoplasmasaume umgeben, der oftmals so gering ist, dass er überhaupt kaum nachgewiesen werden kann. Nachdem dieser Saum sich direct unter dem Kerne rasch zugespitzt hat, geht er in den bekannten fadenförmigen centralen Fortsatz über. Ob

Digitized by Google

dieser nun glatt oder mit feinen Varicositäten besetzt ist, darüber möchte ich kein Urtheil abzugeben wagen; in den wenigen Fällen, in denen ich an Schnittpräparaten, wobei durch leichten Druck auf das Deckgläschen die einzelnen Elemente etwas von einander getrennt waren, den feinen Faden auf längere Strecken isolirt beobachten konnte, vermisste ich entschieden diese Varicositäten, jedoch ist ja bekanntlich in der Frage, ob die letzteren präexistirende Bildungen seien oder nicht, das letzte Wort noch nicht gesprochen. Auch über die Möglichkeit, dass der centrale Fortsatz sich gegen die Schleimhaut zu gabelförmig theilen könne, habe ich keine Erfahrung. Der ziemlich breite periphere Theil der Zelle ist von einem feinen, äusserst zarten Gerüstwerk durchsetzt, dessen Maschen, stark in die Länge gezogen, dem Fortsatze ein längsstreifiges Aussehen verleihen, er zieht, sich nur sehr wenig verjüngend, nach der Spitze der Knospe, um dort mit einer leicht abgestutzten Fläche zu endigen, von der sich ein borstenförmiges Stiftchen erhebt. Bekanntlich wird dieses Stiftchen durch Osmiumsäure gebräunt, durch Goldsalze dunkelroth bis schwarz gefärbt; noch weit besser lässt es sich jedoch zur Anschauung bringen an Präparaten, welche mit Flemming'scher Lösung fixirt worden waren. Es zeigt sich nämlich, dass nach dieser Behandlung die Stiftchen eine sehr grosse Attraction auf verschiedene Farbstoffe ausüben, so werden sie durch Saffranin und Gentianaviolett sehr kräftig roth resp. violett, durch Weigert'sches Hämatoxylin tiefschwarz gefärbt. Bei näherer Betrachtung zeigt sich jedoch, dass der betreffende Farbstoff nicht in gleicher Intensität dem ganzen Stiftchen anhaftet, sondern dass nur die Basis desselben dunkel gefärbt ist, während peripher die Farbe in lichtere Töne übergeht, so dass die Spitze selbst meist farblos erscheint. Nicht selten sah ich der letzteren ein dunkel tingirtes Kügelchen aufsitzen, wodurch das Stiftchen die Gestalt eines Trommelschlegels

Digitized by Google

bekommen hatte, möchte aber dieses Vorkommniss nicht als etwas präexistirendes, sondern durch irgend welche äussere Zufälligkeiten entstanden denken. Der Verlauf des Stiftchens ist selten ein geradliniger, meist konnte ich eine leicht S förmige Biegung wahrnehmen.

Wir haben uns bis hieher nur damit beschäftigt, die einzelnen Elemente der Geschmacksknospe einer näheren Untersuchung zu unterziehen, ohne uns vorderhand darum zu kümmern, in welchem Masse sich diese Zellenindividuen an dem Aufbaue des Ganzen, eben der Knospe, betheiligen. Bevor ich in die Beantwortung dieser Frage eintrete, mag vorausgeschickt werden, dass ich dabei mit manchen Angaben der früheren Untersucher nicht übereinstimmen kann. Vor allem wird sich zeigen, dass wir genötigt sein werden, mit der Benennung unserer Endorgane als „becherförmige Organe, Schmeckbecher" definitiv zu brechen. Wenn man auch einig darüber ist, dass Leydig, der diesen Namen zuerst in die Wissenschaft einführte, insofern nicht Recht hatte, als er in unseren Organen eine Gruppe „kreisförmig um einen homogenen, schleimähnlichen Inhalt gestellter spindelförmiger Zellen" sah, indem ja von F. E. Schultze dieser Inhalt als ein Bündel von Neuroepithelzellen erkannt wurde, so ist doch in dem Namen „Schmeckbecher" der Meinung Ausdruck verliehen, dass die Stützelemente eine continuirliche Rinde, eine Hülle bilden um das darin eingeschlossene Bündel von Neuroepithelien. Auch wenn man die Stützelemente mit den „Kelchblättern einer Knospe, die Neuroepithelien mit den in ihrem Innern befindlichen Staubfäden" vergleicht, entspricht dies nicht vollkommen der Wirklichkeit, immerhin ist aber im Allgemeinen dieser Vergleich mit einer Knospe ein so treffender, dass er wohl stets mit Recht bestehen bleiben wird.

Dass die Ansichten der Autoren über den Aufbau der Knospen nicht ganz die richtigen sind, dürfte wohl darin zu

Digitized by Google

suchen sein, dass dieselben ihre Untersuchungen ausschliesslich an Isolationspräparaten und Längsschnitten durch die Knospen anstellten; und doch bieten gerade Serienschnitte in querer Richtung durch dieselben die vorzüglichste Gelegenheit, sich über die Betheiligung der einzelnen Elemente zu orientiren, indem es dann leichter wird, durch Combination des Längs- und Querschnittes sich ein richtiges Bild von der Zusammensetzung der Knospen zu construiren (Fig. 7—17).

Beginnen wir die Betrachtung des Aufbaues der Knospe von deren Basis, so stossen wir zuerst auf jene Gebilde, die ich als Basalzellen bezeichnete.

Ueber ihre Bedeutung für die Knospe brauche ich kaum mehr etwas zu erwähnen, ist dieselbe ja doch schon in dem Namen gegeben und ausserdem war eine Schilderung dieser Zellen unmöglich, ohne gleich das Verhältniss derselben zu den übrigen Knospenelementen zu berühren. Wir sahen sie, je nach der Grösse der Knospe in wechselnder, jedoch stets ziemlich geringer Zahl vorhanden, als platte sternförmige Zellen ein Netzwerk (Fig. 4 u. 5) bilden, das nach abwärts mit dem Schleimhautstroma eine Verbindung vermittelt, während es nach oben zu den unmittelbaren Boden für die Stützzellen sowohl, wie für die Neuroepithelien bildet. In Bezug auf erstere habe ich bei der Schilderung ihres feineren Baues noch an jener Eintheilung in äussere und innere Stützzellen, wie sie in der Literatur gebraucht wird, festgehalten, habe aber schon dort durchblicken lassen, dass diese Eintheilung nicht vollkommen den thatsächlichen Verhältnissen entspricht. Es ist ja richtig, es kommen diese sog. äusseren Stützzellen vorwiegend in der Peripherie der Knospen vor, und springen hier, wenigstens bei Knospen mittlerer Grösse, als massige Pfeiler weit in das Innere vor, so dass für die übrigen Elemente nur ein recht kleiner, zackiger Raum freigelassen wird. Bei grossen Knospen jedoch sieht man diese Gebilde in unregelmässiger Anordnung das Innere der Knospen

Digitized by Google

durchsetzen und die übrigen Gebilde zwischen sich fassen. Leider war es mir in solchen Fällen nicht möglich, über die Beschaffenheit des peripheren Endes dieser im Innern der Knospe liegenden Zellen Aufschluss zu erhalten, es lässt sich jedoch erwarten, dass dieselben peripherwärts sich verjüngend mit abgestutzten Flächen endigen.

Schon mehrmals wurde darauf hingewiesen, dass diese Zellen recht massige Gebilde sind, und sie werden desshalb vor allen das eigentliche stützende Element der Knospe abgeben, indem sie dieselbe sowohl in der Peripherie als auch im Innern als massige Pfeiler durchsetzen. Aus diesem Grunde und namentlich um eine über ihre Lage in der Knospe nichts präjudicirende Bezeichnung zu haben, möchte ich für diese Gebilde den Namen „Pfeilerzellen" vorschlagen.

Die andere Art von Stützelementen, für welche der Schwalbe'sche Ausdruck Stabzellen beizubehalten sein wird, allerdings ohne sie damit für eine eigenthümliche Form von Neuroepithelzellen halten zu wollen, ist nun, den Pfeilerzellen gegenüber, in starker Minderzahl vorhanden, mehr im Centrum der Knospen gelegen, doch kommen nicht selten Stabzellen zur Beobachtung, die sich ganz in der Peripherie zwischen Pfeilerzellen eingezwängt finden, wo sie stets an ihrem dunkleren Protoplasma und den stärker sich färbenden Kernen kenntlich sind.

Auch die Neuroepithelzellen sind durchaus nicht streng an eine centrale Stellung in der Knospe gebunden. Zu kleinen Gruppen geordnet oder einzeln, drängen sie sich mit ihrem Kernen in der unteren Hälfte der Knospe zwischen die Stützelemente hinein und häufig, fast in jeder Knospe, findet sich ein oder die andere Neuroepithelzelle ganz in der Peripherie eingekeilt zwischen zwei Pfeilerzellen vor. Die Anzahl der in jeder Knospe enthaltenen Neuroepithelien ist von den früheren Untersuchern sicher zu nieder angegeben worden, indem sie im höchsten Falle 6—8 Endzellen in einer Knospe

Digitized by Google

zählen konnten. In Knospen mittlerer Grösse kommen, wie ich mich sicher überzeugen konnte, ca. 15, in grösseren bis zu 20 Nervenzellen vor. Nachdem ich den Nachweis erbracht zu haben glaube, dass es sich im Allgemeinen in der Geschmacksknospe nicht um die Bildung einer continuirlichen Hülle aus Stützzellen um einen aus Neuroepithelien gebildeten Kern handeln kann, wollen wir untersuchen, wie die einzelnen Elemente in den verschiedenen Gebieten der Knospe zu einander geordnet sind, und mögen zur Illustration dieser Verhältnisse Querschnitte dienen, die durch die untere und die obere Hälfte sowie durch die eigentliche Spitze der Knospe gelegt sind. Zur Schilderung dieser letzteren werden wir auch von dem Längsschnittsbild ausgiebigen Gebrauch machen müssen.

Die untere Hälfte der Geschmacksknospe zeigt vor allem einen grossen Reichthum an Zellkernen, indem sämmtliche Zellen ihre Kerne mehr in den unteren Partien beherbergen. In ihrer Gesammtheit beschreiben diese Kerne, wie dies schon von Ranvier[1]) erwähnt wird, eine peripherwärts concave Linie; sie liegen demnach, wenn wir dies auf die ganze Knospe übertragen, in Form einer Kugelschale, welche ihre Concavität gegen die Knospenspitze kehrt. Betrachtet man nun einen Querschnitt, welcher durch diese Kernzone, wie ich den unteren Theil der Knospe benennen will, gelegt ist, so fällt vor allem das Mosaik der derben Pfeilerzellen auf, welche, im Innern den bläschenförmigen Kern bergend, in Form scharfkantiger, polygonaler Felder erscheinen, die durch zarte Kittsubstanzlinien miteinander verbunden sind. Diese Linien, an Chromosmiumpräparaten helleuchtend, sind an reinen Osmiumpräparaten leicht gebräunt und man sieht gerade an letzteren deutlich, wie an den Kanten der Zelle die Kittsubstanz in reichlicherer Menge abgelagert ist. Die

1) a. a. O.

Digitized by Google

Felder selbst erscheinen nach Einwirkung von Osmium hell, wodurch sie sich sogleich von den anderen Zellquerschnitten auszeichnen, und sind von einem zarten Netzwerke durchsetzt. Zwischen diesen kantigen Querschnitten der Pfeilerzellen findet man dann die mehr rundlichen oder ovalen Formen der Stabzellen, kenntlich an dem sich stärker färbenden Kerne und dem dichter granulirten Protoplasma, und endlich die Querschnitte der Neuroepithelkerne, theils im Centrum, theils in der Peripherie des Knospenquerschnittes ohne bestimmte Anordnung gelegen. Da der die Neuroepithelkerne umgebende äusserst feine Protoplasmasaum auch unter Anwendung bester Linsen nicht sichtbar wird, stellen sie scheinbar nackte Kerne dar, die meist einen rundlichen Querschnitt zeigen, häufig auch, wenn sie zwischen die einander zugekehrten Flächen benachbarter Pfeilerzellen eingekeilt sind, abgeplattet erscheinen.

Querschnitte durch die obere Hälfte der Knospen lassen jetzt nur in der Peripherie Kerndurchschnitte wahrnehmen und zwar gehören diese Kerne meist Pfeilerzellen an, nicht selten kommt auch hier noch der Querschnitt eines Neuroepithelkernes zu Gesicht, der ganz peripher gelegen, zwischen zwei Pfeilerzellen eingezwängt ist. Das Centrum der Knospe lässt dagegen in dieser Höhe die Zellkerne ganz vermissen, es zeigen sich nur mehr in Form ovaler oder mehr polygonaler Felderchen die Querschnitte von Pfeiler- und Stabzellen und namentlich die peripheren Fortsätze der Neuroepithelien, die an Osmiumessigsäure-Präparaten als helle, an solchen aus reiner Osmiumsäure als bräunliche kleine Kreise erscheinen.

Wenden wir nun unsere Aufmerksamkeit der Knospenspitze zu, so ist ja bekannt, dass dieselbe in eine die oberflächlichen Schichten des indifferenten Epithels durchsetzende Oeffnung, den sog. Geschmacksporus hereinragt; über die Beschaffenheit desselben kann ich nichts Neues sagen

Digitized by Google

und ich beschränke mich daher, die Angaben der Autoren über denselben voll und ganz zu bestätigen. Geht man von diesem Geschmacksporus etwas in die Tiefe, so bemerkt man eine zweite kreisförmige Oeffnung, deren Rand feingestrichelt ist. Unschwer erkennen wir in diesem Strichelsaume die Enden der peripher liegenden Pfeilerzellen wieder, von denen ich ja berichten konnte, dass sie sich zu feinen gestrichelten Kanten zuspitzen, und zwar sind es für eine Knospe mittlerer Grösse ungefähr 6 — 8 Pfeilerzellen, die sich an der Bildung der beschriebenen Oeffnung, die ich als inneren Geschmacksporus bezeichnen möchte, betheiligen. In dem gestrichelten Rande desselben erblicke ich nun das, was Schwalbe[1]) als Härchenkranz beschrieben hat, und es freut mich, denselben aufs neue bestätigen zu können, obwohl ihn bekanntlich keiner der späteren Autoren aufzufinden vermochte. Ob es sich dabei freilich um eigentliche Härchen handelt, ist eine andere Frage; mich erinnern die erhaltenen Bilder eher an den Basalsaum der Darmepithelien, als an einen Härchenbesatz, obwohl ich gern zugebe, dass sich meine Beschreibung ausschliesslich auf das Kaninchen bezieht und bei anderen Thieren recht leicht andere Verhältnisse sich finden mögen. Von diesem inneren Geschmacksporus durch einen schmalen hellen Hof getrennt, findet man nun meist im Kreis gestellt, leuchtende, entweder durch Osmium gebräunte oder durch Gentianaviolett resp. Saffranin scharf gefärbte Punkte, die sich beim Verfolgen mit der Mikrometerschraube unschwer als die optischen Querschnitte jener borstenförmigen Stiftchen feststellen lassen, die den Neuroepithelzellen aufsitzen. Stellt man weiter in die Tiefe ein, so bemerkt man ausserdem noch einige zarte Linien, welche kleine Felder einschliessen, die ich als die peripheren Enden der central gelegenen Stützelemente aufzufassen geneigt bin.

1) a. a. O. und Lehrbuch d. Anatomie d. Sinnesorgane pag. 41.

Digitized by Google

Dieses Querschnittsbild wird durch die Betrachtung eines Längsschnittes durch die Knospe noch ergänzt. Bei den so geringen Dimensionen des äusseren Geschmacksporus — sein Durchmesser beträgt ca. 3 μ — ist es kaum möglich, so ideale Längsschnitte durch die Knospe zu erhalten, dass sie rein in der Axe des Geschmacksporus und der Knospe selbst verlaufen, vielmehr bekommt man stets seitliche Theile der Knospenspitze mit in den Schnitt; dem entsprechend sieht man auch am Längsschnitt den inneren Geschmacksporus als gebogene gestrichelte Linie.

Hier hören nun die Stützelemente der Knospen auf, man bemerkt nach aussen zu noch den beschriebenen schmalen, hellen Hof und sieht schliesslich nur noch das Bündel convergirender Neuroepithelstiftchen in den äusseren Geschmacksporus hinausragen.

Wenn wir nun auf Grund der Bilder, die wir durch Betrachtung succesiver Querschnitte durch die Knospen erhalten haben, uns einen idealen Längsschnitt durch eine Geschmacksknospe construiren, so dürfte das topographische Verhältniss der einzelnen Knospenelemente zu einander sich ungefähr so gestalten, wie es die schematische Fig. 16 zum Ausdruck bringen soll.

Im Anschlusse an diese Beschreibung des feineren Baues der Geschmacksknospen seien nun Vorgänge erwähnt, die sich in den Knospen normaler Weise abspielen und die eine fortwährende Degeneration und Regeneration derselben direct zu beweisen im Stande sind.

Nach dem Befunde gewisser Zellformen in normalen Knospen hielt v. Vintschgau[1]) einen solchen Process für sehr wahrscheinlich; es gelang mir nun für diese Ansicht den sicheren Beweis dadurch zu erbringen, dass ich innerhalb der Knospen ziemlich reichlich Kerntheilungsfiguren nach-

1) Archiv für die gesammte Physiolgie. 1880. Bd. XXIII.

Digitized by Google

weisen konnte. Man findet im Allgemeinen diese Karyomitosen relativ recht häufig, ab und zu durchsucht man eine Papilla foliata allerdings ganz erfolglos nach Kerntheilungsfiguren, während sie in anderen Fällen so häufig sind, dass man kaum einen Schnitt zu sehen bekommt, in dem nicht in der einen oder anderen Knospe eine solche zu finden wäre. Diese Verschiedenheit kann uns übrigens nicht wundern, seit man durch die Erfahrungen Flemming's und seiner Schüler weiss, dass die regenerative Kerntheilung nie continuirlich, sondern stets schubweise erfolgt. Frägt man nun nach der Art der Elemente, in denen diese Proliferantion erfolgt, so sind es vor allem jene Gebilde, die ich Basalzellen benannt habe (Fig. 2).

In diesen Zellen findet man sämmtliche Phasen der Karyokinese, und zwar sind die Figuren meist so orientirt, dass die Theilungsebene senkrecht auf der Schleimhaut steht, nur in wenigen Fällen lag sie derselben parallel. Aber nicht nur die Basalzellen weisen Zeichen stattfindender Regeneration auf, auch in den Pfeilerzellen konnte ich dieselben beobachten; allerdings nur äusserst selten (Fig. 17). Unter den vielen Präparaten — es wurden die Papillae foliatae von über 40 Kaninchen darauf untersucht, — kamen mir nur 2mal Karyomitosen innerhalb von Pfeilerzellen vor, das eine mal ein Spirem, das andere mal eine Aequatorialplatte. Jedenfalls findet also in den Pfeilerzellen ein Regenerationsprocess nur äusserst selten, vielleicht sogar nur ausnahmsweise statt, dagegen ist derselbe innerhalb der Basalzellen ein relativ ziemlich lebhafter und hätten wir desshalb diesen Gebilden neben ihrer Rolle, mit ihren Protoplasmaausläufern als Träger der feinen Nervenfibrillen zu dienen, noch die Bedeutung zuzuschreiben, für die Geschmacksknospen als Ersatzzellen zu fungiren, gerade so wie dies Krause[1]) für die analogen

1) Allgemeine mikr. Anatomie pag. 177.

Digitized by Google

Gebilde der Geruchsschleimhaut behauptete, ohne allerdings dafür den sicheren Beweis erbringen zu können. Freilich, welche Elemente der Knospen durch die junge Brut der Basalzellen „ersetzt" werden sollen, ob nur der Stützapparut oder die Neuroepithelien oder beides zugleich, darauf vermag ich keine Antwort zu geben.

Es ist wohl natürlich, dass überall dort, wo eine Regeneration der Gewebe stattfindet, auch Degenerationserscheinungen an dem Zellenmaterial wahrgenommen werden müssen, allein so gut uns im allgemeinen, zahlreiche im Laufe der letzten Jahre erschienene Untersuchungen mit den Regenerationsprocessen der verschiedenen Gewebe bekannt gemacht haben, so dürftig sind unsere Kentnisse über die feineren Vorgänge, die sich bei der Senescenz, gewissermassen der Abnutzung der Zellen innerhalb derselben abspielen. Es ist deshalb vielleicht von Interesse, wenn ich als einen kleinen Beitrag zur Erkenntniss dieser Processe das wenige berichte. was ich in dieser Hinsicht an den Knospenelementen mit einiger Sicherheit beobachten konnte. In der Voraussicht, dass sich vielleicht in dieser Frage aus dem Studium pathologischer Vorgänge ein Rückschluss ziehen lasse auf die normaler Weise vor sich gehenden Processe, habe ich an einer Reihe von Kaninchen eine unilaterale Durchschneidung des N. glossopharyngeus vorgenommen und nach dem Vorgange von Vintschgau in verschiedenen Intervallen von 9 Stunden bis zu 7 Tagen die beiderseitigen Papillae foliatae vergleichend untersucht.

Nun will ich die Ergebnisse dieser Untersuchungen hier nicht ausführlich mittheilen, sondern dieselben nur insoferne berücksichtigen, als sie Zellformen, die man ab und zu unter normalen Verhältnissen zu beobachten Gelegenheit hat, zu erklären vermögen. Um nun mit schon Bekanntem zu beginnen, seien vorerst jene Gebilde erwähnt, die schon von v. Vintschgau unter normalen Verhältnissen manchmal

Digitized by Google

innerhalb der Knospen angetroffen wurden, die sog. Körnchenhaufen (Fig. 18). Ich konnte diese Gebilde ebenfalls sehr häufig wahrnehmen, allerdings niemals wie Vintschgau in so grosser Menge, „dass sie beinahe in allen Schmeckbechern eines beliebigen Schnittes anzutreffen waren", doch mag dies vielleicht auf irgend welchen Zufälligkeiten beruhen. In Bezug auf den Bau dieser Körnchenhaufen kann ich dagegen die Beschreibung dieses Autors voll und ganz bestätigen, auch ich sehe in ihnen Pfeilerzellen, welche in ihrem Innern, in wechselnder Menge um den Kern gruppirt, in Osmium sich tief schwarz färbende, wohl aus Fett bestehende Körnchen tragen, und kann noch beifügen, dass in solchen veränderten Zellen das Protoplasma sich getrübt hat, so dass von der zarten netzförmigen Zeichnung kaum mehr etwas zu bemerken ist.

Mit dieser Bestätigung der Befunde von v. Vintschgau muss ich den Vorwurf, den Ranvier[1]) gegen denselben erhebt, es handle sich bei diesen Körnchenhaufen um eine Verwechslung mit Leucocyten, die Fettkörnchen in ihrem Innern aufgenommen haben, zurückweisen. So richtig, wie wir weiter unten sehen, es ist, dass normaler Weise in den Knospen Leucocyten vorkommen, so kann doch in Bezug auf die Körnchenhaufen davon absolut keine Rede sein, denn man sieht ja zu deutlich die Gestalt der Pfeilerzellen, welche die geschwärzten Körnchen in sich bergen. Auch in den Basalzellen gelang es, in normalen Knospen selten, um so häufiger in degenerirenden, eine solche Aufnahme von Fettkörnchen festzustellen. Möglicherweise als Vorstadien dieser „fettigen Metamorphose" möchte ich Gebilde betrachten, die mir manchmal, im ganzen selten, unter normalen sowohl wie unter pathologischen Verhältnissen vorgekommen sind. Auch bei diesen handelt es sich wieder um Pfeilerzellen; man sieht

Digitized by Google

auch hier das Protoplasma getrübt, um den Kern hat sich ein schmaler lichter Hof gebildet und ausserdem findet man den Zellleib von einer Anzahl grösserer und kleinerer, in Osmium homogen, blass graubraun gefärbter Körnchen durchsetzt (Fig. 19).

Weit häufiger aber, als diese beschriebene Degenerationserscheinung einer Verfettung der Stützelemente, findet sich namentlich in normalen Knospen, eine andere vor. Wenn man eine grössere Anzahl von Knospen auf dem Querschnitt untersucht, begegnet man nämlich ziemlich häufig Pfeilerzellen, die sich durch ein lichteres Aussehen auszeichnen (Fig. 20). Der Grund dieser Erscheinung liegt nun darin, dass die Maschenräume des die Pfeilerzellen normaler Weise durchsetzenden Netzwerkes sich verbreitern, und von einer durchscheinenden, wohl als flüssig zu denkenden Masse ausgefüllt werden; diese Vacuolen, wenn ich diese Ansammlungen so heissen darf, werden immer grösser und endlich sieht man die ganze Zelle von dieser farblosen Masse erfüllt, während sich der geformte Theil des Zellleibes in Form einer unregelmässigen strahligen Figur um den Kern zurückgezogen hat. Während dieses Vorganges hat sich die Zelle beträchtlich vergrössert, rundlichere Formen angenommen und liegt nun wie gequollen zwischen den übrigen normalen Zellen. Als ich diese Gebilde zum ersen Male und zwar an Picrinsäurepräparaten, die mit Heidenhain'schem Hämatoxylin gefärbt waren, erblickte, dachte ich natürlich zuerst an ein durch Reagentienwirkung hervorgerufenes Kunstprodukt; nachdem ich aber die gleichen Gebilde an Präparaten aus Osmiumsäure und Flemming'scher Lösung neben vollkommen normalen Pfeilerzellen liegen sah, glaubte ich diese Vermuthung zurückweisen und darin wirklich Degenerationsformen erblicken zu dürfen, um so mehr als es mir gelang, in den Kernen solcher Zellen manchmal jenen Degenerationsprocess aufzufinden (Fig. 21), der unter dem Namen Chromatolyse

Digitized by Google

von Flemming[1]) zuerst in atresirenden Ovarialfollikeln beschrieben wurde und der darin besteht, dass das Chromatin sich zu derben, klumpigen Massen zusammenballt, die sich gegen die Peripherie des Kernes zurückziehen. Gewöhnlich vermisst man jedoch in solchen degenerirenden Pfeilerzellen diese chromatolytischen Figuren, meist findet man, dass der Kern im Anfangsstadium der Zelldegeneration sich kugelig aufbläht, wodurch das ohnehin schon zarte Chromatingerüste noch mehr verdünnt wird, und dass er endlich gewissermassen wie eine leere Blase zusammenfällt und dadurch ein gelapptes Aeussere bekommt, wobei immer die Längsaxe dieses gelappten Kernes quer zur Längsrichtung der Zelle gelegen ist. Für die Stabzellen und Neuroepithelien war ich leider nicht so glücklich, degenerirende Elemente auffinden zu können.

Wie oben bemerkt, fand Ranvier constant im Innern der Knospen wandernde Leucocyten und beschreibt dieselben als durch Einwirkung der Osmiumsäure geschwärzte, unregelmässige Gebilde, deren jede einen rundlichen oder hökerigen Kern enthält. Die schwarzen Körnchen bezeichnet er als Fetttröpfchen, „mit dem die Zellen sich während ihrer Wanderung beladen haben". Nun konnte ich diese Fettkörner nie beobachten, wohl aber erkennt man die wandernden Leucocyten jederzeit leicht an ihren polymorphen, zerfallenen Kernen und traf ich sie einzeln und auch mehrere in der Mehrzahl der Knospen an (Fig. 12 l). Gleichwohl kann ich mich nicht dazu entschliessen, ihnen eine functionelle Bedeutung für die Geschmackskospen zuzuschreiben, namentlich konnte ich für die Annahme Ranvier's, „dass sie für die Bildung des Geschmacksporus eine wichtige Rolle spielen". absolut keine Stütze finden; seit wir durch Stöhr wissen, dass die Durchwanderung der Epitheldecke von Seite der Leucocyten ein normaler Vorgang ist, kann es gewiss nicht

1) Archiv f. Anat. u. Physiol. Anat. Abth. III. u. IV. Heft. 1886.

Digitized by Google

Wunder nehmen, die Leucocyten auch in Geschmacksknospen anzutreffen. Im Gegentheil, ich glaube, gerade diese Gebilde stellen für die Wanderzellen auf ihrem Zuge durch die Epitheldecke gewissermassen einen locus minoris resistentiae dar, indem gerade die zarten, lockerer miteinander verbundenen Elemente der Knospen dem Durchgange der Leucocyten weit weniger Widerstand entgegenstellen dürften, wie die relativ derben Schichtungen des gewöhnlichen Epithelstratums. Manchmal aber, wie ich in zwei Fällen beobachten konnte, wird der Strom wandernder Zellen ein so starker, dass die Knospenelemente ihm nicht Stand halten können und einer Atrophie zugeführt werden (Fig. 22).

In diesen Fällen sieht man die ganze Knospe ausgepropft mit Leucocyten und nur noch in ganz schwachen Contouren zeigen sich die letzten Reste der untergehenden Knospenelemente. Reichlicher noch als normal sieht man die Leucocyten auftreten nach Durchschneidung des N. glossopharyngeus, so dass man sie kaum in einer Knospe vermissen wird, ebenso wie sie jetzt auch im Schleimhautstroma in grossen Mengen sichtbar sind. Eine bestimmte Thätigkeit bei der Atrophie der Knospenelemente kann ihnen auch unter diesen Umständen nicht beigemessen werden, vielmehr wird ihr reichlicheres Auftreten sogleich begreiflich werden, wenn man die Angabe Ranvier's berücksichtigt, dass nach der Durchschneidung des N. glossopharyngeus nicht nur die Knospen atrophieren, sondern auch die in dem gewöhnlichen Epithel vorhandenen sensiblen Nervenendigungen ihrem Untergange entgegengehen. Die dadurch gefühllose Papille kann dann leicht bei den Kaubewegungen des Thieres zwischen die Zähne gerathen und so durch die oft wiederholten Verletzungen in einen Zustand der Entzündung versetzt werden; dass dies in ähnlicher Weise, wie auf der Cornea nach Durchschneidung des N. trigeminus, wirklich vorkommt, erhält ja durch die Existenz oberflächlicher Geschwüre auf der

Digitized by Google

Papille operirter Thiere, die ich ebenso wie Vintsc... beobachten konnte, seine volle Bestätigung. Auch die von der normalen Papille geschilderten Bilder von Ar... der Knospe unter dem Andrange massenhaft wandernder ... cyten möchten vielleicht einer ähnlichen Gelegenheits... ihre Entstehung verdanken.

Literaturverzeichniss.

1. v. Ajtai. Ein Beitrag zur Kenntniss des Geschmacks... Arch. f. micr. Anat. VIII. 1872.
2. Blaue. Ueber den Bau der Geruchsschleimhaut bei Fi... und Amphibien. Zool. Anz. Jhrg. V. Nr. 127 und Arch... Anatomie und Physiologie (anat. Abthlg.) Jhrg. 1864 ... 3 u. 4.
3. Bugnion. Recherches sur les organes sensitifs, qui se tro... dans l'epiderme du Protée et de l'Axolotl. Dissertat. ... Zürich 1873.
4. Davis. Die becherförmigen Organe des Kehlkopfes. Arch... micr. Anat. XIV. 1877.
5. Drasch. Histolog. u. physiolog. Studien über das Geschm... organ. Sitzungsber. d. Academie der Wissenschaften. Wi... III. Abth. Bd. 88. 1883.
6. — Untersuch. über die Papillae foliatae et *circumvallatae* ... Kaninchens u. Feldhasen. Abh. d. math.-phys. Classe d. k. ... sächs. Gesellsch. d. Wissenschaften. Bd. XIV. Nr. 5.
7. v. Ebner. Die acinösen Drüsen der Zunge. Graz 1873.
8. Eissig. Zur Anatomie der Capittelliden. Mittheil. d. zool. ... Station in Neapel. Bd. I.
9. Engelmann. Ueber d. Endigung d. Geschmacksnerven in d... Zunge d. Frosches. Zeitschr. f. wiss. Zool. *Bd. XVIII.* 1868
10. — Geschmacksorgane. Stricker's Handbuch der Lehre von den Geweben. II. Bd. 1872.
11. Flemming. Ueber Organe vom Bau der Geschmacksknospen a... den Tasten verschiedener Mollusken. Archiv *f. micr. Anat.* Bd. XX.

Digitized by Google

12. Graber. Ueber die Perception chemischer Reize durch d. äussere Haut. Biol. Centralbl. Jhrg. V. Nr. 16.
13. Hermann. Beitrag zur Entwickelungsgeschichte d. Geschmacksorganes. Archiv f. micr. Anat. XXIV. 1884.
14. Hönigschmied. Beitrag über die Verbreitung der becherförm. Organe auf der Zunge der Säugethiere. Med. Centralbl. 1872.
15. — Beitrag zur micr. Anatomie der Geschmacksorgane. Zeitschrift f. wiss. Zool. XXIII. 1873.
16. — Kleine Beiträge zur Vertheilung der Geschmacksknospen bei den Säugethieren. Zeitschr. f. wissensch. Zool. XXIX. 1877.
17. — und Vintchgau. Glossopharyngeus und Schmeckbecher. Pflüger's Archiv XIV. 1876.
18. Hoffmann. Ueber die Verbreitung der Geschmacksorgane beim Menschen. Virchow's Archiv. 62. 1875.
19. Jobert. Études d'anatomie comparée sur les organes de toucher chez divers mammifers, oiseaux, poissons et insectes. Annales des sciences naturelles. V. Sér. Tom. 16. 1872.
20. Kölliker. Stiftchenzellen in der Haut von Froschlarven. Zool. Anz. 1885.
21. — Histologische Studien an Batrachierlarven. Zeitschrift für wiss. Zool. Bd. 43. 1887.
22. Krause. Handbuch der allg. Anatomie. 1870.
23. — Nervenendigung in der Zunge des Menschen. Göttinger Nachrichten. 1870.
24. Leydig. Ueber die äussere Haut einiger Süsswasserfische. Zeitschrift f. wiss. Zool. Bd. III. 1851.
25. — Lehrbuch der Histologie. Frankfurt a/M. 1875.
26. — Ueber Organe eines 6. Sinnes. Nova acta acad. caes. Leopoldinae-Carolinae germ. nat. curios. Bd. 34. 1868.
27. — Zur Kenntniss der Sinnesorgane der Schlangen. Archiv für micr. Anat. VIII. 1872.
28. — Die in Deutschland lebenden Arten der Saurier. Tübingen 1872.
29. — Neue Beiträge zur anatom. Kenntniss der Hautdecke und Hautsinnesorgane der Fische. Halle 1879.
30. — Zelle und Gewebe. 1885.
31. Lovèn. Beiträge zur Kenntniss vom Bau der Geschmackswärzchen. Archiv f. micr. Anat. IV. 1868.
32. Lustig. Beiträge zur Kenntniss d. Entwicklung d. Geschmacksknospen. Sitzungsber. d. k. Acad. d. Wissensch. Wien. III. Abth. Bd. 69. 1884.

Digitized by Google

33. Malbranc. Von der Seitenlinie und ihren Sinnesorganen bei Amphibien. Zeitschr. f. wiss. Zool. Bd. 26. 1875.
34. Merkel. Die Endigungen der sensiblen Nerven in der Haut der Wirbelthiere. Rostock. 1880.
35. Ranvier. Technisches Lehrbuch der Histologie. Lief. 6.
36. Schulze F. E. Epithel- und Drüsenzellen. Archiv f. micr. Anat. III. 1867.
37. — Die Geschmacksorgane der Froschlarven. Archiv f. micr. VI. 1870.
38. Schultze M. Untersuchungen über den Bau der Nasenschleimhaut. Bonn 1862.
39. Schwalbe. Ueber das Epithel der Papillae vallatae. Archiv f. micr. Anat. III. 1867.
40. — Ueber die Geschmacksorgane der Säugethiere und des Menschen. Archiv f. micr. Anat. IV. 1868.
41. — Lehrbuch der Anatomie der Sinnesorgane. 1886.
42. Sertoli. Beiträge zur Kenntniss der Endigungen d. Geschmacksnerven. Moleschott's Untersuchungen zur Naturlehre. XI. 1876.
43. Stöhr. Lehrbuch der Histologie. Jena. 1886.
44. Todaro. Die Geschmacksorgane der Rochen. Medic. Centralbl. 1872. Nr. 15.
45. Verson. Kehlkopf und Trachea. Stricker's Lehrbuch vom Baue der Gewebe. Bd. II. 1872.
46. v. Vintschgau. Ueber die Veränderungen der Schmeckbecher nach Durchschneidung des N. glossopharyngeus. Pflüger's Archiv. XXIII. 1880.
47. v. Wyss. Ueber ein neues Geschmacksorgan auf der Zunge des Kaninchens. Medic. Centralbl. 1869.
48. — Die becherförmigen Organe der Zunge. Archiv f. micr. Anat. VI. 1870.

Digitized by Google

Tafelerklärung.

Sämmtliche Zeichnungen sind in ihren Contouren mit der Abbéschen Camera lucida entworfen, wo nicht anders angegeben, unter Benutzung einer apochromatischen Oelimmersionslinse von Zeiss (3,0. 1,3) mit den Ocularen 4,8 u. 12. Vergrösserungen 330, 667 u. 1000.

Fig. 1. Pfeilerzellen. (Chromosmiumessigsäure.) Seibert 1/12 oc. I.

Fig. 2. Stabzelle in Verbindung mit einer Basalzelle. (Chromosmiumessigsäure — Heidenhain'sche Hämatoxylintinction.) Seibert 1/12. oc. I.

Fig. 3a. Basalzellen aus einem Längsschnitt durch eine Geschmacksknospe. (Chromosmiumessigsäure — Heidenhain'sche Hämatoxylintinction.) 667/1.

Fig. 3b. Schematische Darstellung des Zusammenhangs der Basalzellen untereinander und mit der Schleimhaut.

Fig. 4. Zwei Basalzellen aus einem Querschnitt durch eine Geschmacksknospe (Basis). (Chromosmiumessigsäure — Gentianaviolett.) *m* Schleimhautstroma; *n* Nervenbündel. 667/1.

Fig. 5. Protoplasmatisches Maschenwerk der Basalzellen an einem Knospenquerschnitt. Uebergang der Nervenbündel *n* in dieses Netzwerk. *m* Schleimhautstroma. (Chromosmiumessigsäure-Gentianaviolett.) 667/1.

Fig. 6. Neuroepithelzelle. (Chrompicrinschwefelsäure-Heidenhain'sche Hämatoxylintinction.) 1000/1.

Fig. 7—15. Successive Querschnitte durch eine Geschmacksknospe. Schnittdicke 0,005 mm. (Osmiumsäure-Hämatoxylin). 667/1.

Zwischen Fig. 8 u. 9 ein Schnitt ausgefallen.

pe äusserer Geschmacksporus.
pi innerer Geschmacksporus.
st Neuroepithelstiftchen.
chr Chromatolyt. Figuren in verhornenden Epithelzellen.
ne Neuroepithelzelle.
p Pfeilerzelle.
s Stabzelle.
l wandernder Leucocyt.

Fig. 14a. obere Fläche des Schnittes.

Fig. 14b. untere Fläche des Schnittes.

Digitized by Google

Fig. 16. Schematisches Längsschnittsbild einer Geschmacksknospe.
pe äusserer Geschmacksporus.
pi innerer Geschmacksporus.
e Mundhöhlenepithel.
p Pfeilerzelle.
s Stabzelle.
ne Neuroepithelzelle.
st Neuroepithelstiftchen.
b Basalzelle.
n Nervenbündel.
m Schleimhautstroma.

Fig. 17. 2 Pfeilerzellen in Karyokinese. $^{667}/_{1}$.
a. Osmiumsäure-Hämatoxylin.
b. Picrinsäure-Heidenhain'sche Hämatoxylintinction.

Fig. 18. Fettige Degeneration der Pfeilerzellen (Körnchenhaufen, v. Vintschgau).
a — c) vom normalen Kaninchen.
a) auf die Oberfläche, b) auf die Mitte des Kernes eingestellt. (Osmiumsäure. — Glycerinleim.
d) von einem Kaninchen, dem der Glossopharyngeus der einen Seite resecirt worden (5. Tag nach der Operation). Osmiumsäure.

Fig. 19. Degenerirende Pfeilerzelle. (Osmiumsäure.)
Seibert. Homog. Immers. $^{1}/_{12}$. oc. 1.

Fig. 20. Degenerirende Pfeilerzellen.
Seibert. Homog. Immers. $^{1}/_{12}$. oc. 1.

Fig. 21. Chromatolytische Kernfiguren in degenerirenden Pfeilerzellen. Chromosmiumessigsäure-Saffranin.
Seibert. oc. 1. obj. 5 u. homog. Immers. $^{1}/_{12}$.

Fig. 22. Atrophie einer Geschmacksknospe durch wandernde Leucocyten. Picrinsäure-Heidenhain'sche Hämatoxylintinction. $^{533}/_{1}$.

Auf Tafel III Fig. 8 statt *pe* lies *pi*.

Digitized by Google

Sitzungsberichte

der

königl. bayer. Akademie der Wissenschaften.

Mathematisch-physikalische Classe.

Sitzung vom 2. Juni 1888.

Herr E. LOMMEL legt drei Abhandlungen vor:

1. subjective Interferenzstreifen im objectiven Spectrum,
2. neue Methode zur Messung der Drehung der Polarisationsebene für die Fraunhofer'schen Linien,
3. Interferenz durch circulare Doppelbrechung,

und bespricht die Hauptresultate derselben.

Subjective Interferenzstreifen im objectiven Spectrum.

Von E. Lommel.

(Eingelaufen 2. Juni.)

Wenn man Licht, das irgendwo auf seinem Wege durch ein hinreichend dünnes durchsichtiges Blättchen (Glimmer, Glas) gegangen oder an einem solchen zurückgeworfen worden ist, zu einem Spectrum ausbreitet, so erscheint dieses bekanntlich parallel den Fraunhofer'schen Linien von dunklen Interferenzstreifen durchzogen. Diese Streifen sind in dem Spectrum objectiv vorhanden; sie entsprechen denjenigen homogenen Lichtarten, welche in dem einfallenden Strahlenbündel durch

Digitized by Google

Interferenz bereits ausgelöscht waren, ehe das Spectrum entstand.

Weniger bekannt dürfte sein, dass in einem objectiv auf einem Schirme entworfenen Spectrum solche Interferenzstreifen subjectiv gesehen werden, wenn man das Farbenbild durch ein dünnes Blättchen betrachtet. Die Streifen, welche man in diesem Falle sieht, sind nicht im Spectrum selbst vorhanden, sondern entstehen erst dadurch, dass von den an irgend einer Stelle des Farbenbildes diffus reflectirten homogenen Strahlen die das Blättchen direct durchlaufenden mit den nach zwei- oder mehrmaliger innerer Reflexion durchgegangenen interferiren. Die Streifen ändern ihre Stelle im Spectrum und rücken enger zusammen, wenn man das Blättchen zur Sehlinie mehr neigt. Sie sind, als Interferenzen im durchgehenden Licht, nicht vollkommen dunkel, sondern blass. Von ganz schwarzen Streifen dagegen, welche durch Interferenz der an der Vorder- und Hinterseite des Blättchens reflectirten Strahlen entstehen, sieht man das im Blättchen betrachtete Spiegelbild des Spectrums durchzogen.

Bedeckt man das auf dem Schirme entworfene Spectrum mit einem Glimmerblatt, so sieht man gleichzeitig zwei Streifensysteme, ein objectives, entstanden durch die Interferenz der zur Bildung des Spectrums auf dem Schirme zusammenlaufenden Strahlen, und ein subjectives, herrührend von der Interferenz der vom Farbenbilde nach dem Auge zurückgesendeten Strahlen. Bei Verschiebung des Auges bleiben die Streifen des ersteren Systemes unverändert stehen, weil sie durch das Glimmerblatt an den Stellen gesehen werden, wo sie wirklich vorhanden sind, die des letzteren dagegen ändern begreiflicher Weise ihre Lage und ihren Abstand.

Digitized by Google

Neue Methode zur Messung der Drehung der Polarisationsebene für die Fraunhofer'schen Linien.

Von E. Lommel.

(*Eingelaufen 2. Juni.*)

Durch ein Nicol'sches Prisma, dessen Hauptschnitt einen Winkel von 45° mit der Horizontalebene bildet, fällt polarisirtes Sonnenlicht auf den verticalen Spalt eines Spectroskops oder Spectrometers. Dicht vor dem Spalt befindet sich ein Quarzkeil von ca. 7° bis 8°, dessen Kante, parallel zur optischen Axe, zum Spalte senkrecht gerichtet ist, unmittelbar hinter ihm innerhalb des Collimatorrohres ein zweites Nicol, dessen Hauptschnitt zu dem des ersten gekreuzt oder parallel steht, also ebenfalls unter 45° zur Horizontalebene geneigt ist. Die ablenkende Wirkung des Quarzkeiles kann durch einen mit ihm in entgegengesetzter Lage vereinigten Glaskeil aufgehoben werden. Wie leicht begreiflich, zeigt sich nun das durch das Beobachtungsfernrohr gesehene Spectrum von zahlreichen, etwas gekrümmten, dunkeln Interferenzstreifen schief zu den Fraunhofer'schen Linien durchzogen, es erscheint durch feine schwarze Linien gleichsam schräg schraffirt.

Dreht man das inmitten eines verticalen Theilkreises angebrachte polarisirende Nicol um 45°, so verschwindet die Schraffirung durch das ganze Spectrum (Nullstellung).

Schaltet man sodann einen die Polarisationsebene drehenden Körper, z. B. eine mit Zuckerlösung gefüllte Röhre,

Digitized by Google

zwischen den Polarisator und den Quarzkeil ein, so kommen die Streifen wieder zum Vorschein.

Versucht man jetzt, durch Zurückdrehen des Polarisators die Streifen wieder zum Verschwinden zu bringen, so kann dies wegen der Rotationsdispersion der activen Substanz nur für eine einzige oder einige einzelne homogene Farben gelingen, und es zeigt sich an der entsprechenden Stelle auf dem schraffirten Grunde des Spectrums ein heller verticaler von Schraffirung freier Streifen, der, wenn man weiter dreht, dem Spectrum entlang wandert.

Indem man nun den hellen Streifen mit den einzelnen Fraunhofer'schen Linien der Reihe nach zur Deckung bringt, so dass die Linie jedesmal die Mitte des Streifens einnimmt, und den zugehörigen Winkel, den der Hauptschnitt des Polarisators mit der Nullstellung bildet, am Theilkreis abliest, erfährt man den Drehungswinkel für die betreffende Fraunhofer'sche Linie.

Da jedoch der helle Streifen nothwendig eine gewisse Breite besitzt, weil an seinen beiden Rändern die Schraffirung erst da leise beginnt, wo der Helligkeitsunterschied zwischen den Streifen und ihrem hellen Untergrund die Empfindlichkeitsgrenze des Auges erreicht, so würde diese Einstellung der Linie auf die Mitte des Streifens um so unsicherer ausfallen, je breiter der Streifen (bei schwächer drehenden Mitteln) erscheint.

Man verfährt daher auf folgende Weise. Man führt die Grenze der Schraffirung zuerst von der einen, dann von der anderen Seite an die Fraunhofer'sche Linie, für welche die Drehung gemessen werden soll, dicht heran, so dass die Spectrallinie jedesmal die Grenzscheide bildet zwischen dem hellen Streifen und dem schraffirten Grund, und nimmt das Mittel aus den beiden entsprechenden Ablesungen.

Die oben gemachte Annahme, dass im prismatischen Spectrum die homogene Farbe, für welche die Drehung auf-

Digitized by Google

gehoben ist, die Mitte des hellen Streifens einnehme, sowie das soeben angegebene Verfahren rechtfertigen sich durch folgende Ueberlegung. Die Stellen im Spectrum, an welchen die Schraffirung beiderseits sichtbar zu werden beginnt, entsprechen dem gleichen Helligkeitsunterschied zwischen den Interferenzstreifen und dem hellen Grunde des Spectrums. Vermöge des Gesetzes vom Quadrate des Cosinus müssen daher hier die Schwingungsrichtungen von derjenigen der Nullstellung nach der einen und der anderen Seite hin um gleichviel abweichen. Da nun, in erster Annäherung, die Differenzen der Drehungen in derselben Weise von der Wellenlänge abhängig sind, wie die Differenzen der zugehörigen Brechungscoefficienten, nämlich beide proportional der Differenz der reciproken Quadrate der zugehörigen Wellenlängen (erstere nach dem Biot'schen Gesetz, letztere nach der Cauchy'schen Dispersionsformel) so folgt, dass gleichen Drehungsdifferenzen auch gleiche Differenzen der Brechungscoefficienten, oder, was dasselbe ist, gleiche Abstände im prismatischen Spectrum entsprechen, und dass sonach die Stelle, wo die Drehung völlig aufgehoben ist, in der Mitte des hellen Streifens liegt. Für das Gitterspectrum würde nicht dasselbe gelten.

An einer Rohrzuckerlösung nach dieser Methode ausgeführte vorläufige Messungen haben Resultate ergeben, welche mit denjenigen von Stefan und Arndtsen sehr befriedigend übereinstimmen.

Die neue Methode unterscheidet sich von der bisher angewendeten Broch'schen Methode dadurch, dass bei dieser ein dunkler Streifen im hellen Felde mit der jeweiligen Fraunhofer'schen Linie, die er einhüllt und unsichtbar macht, zur Deckung gebracht wird, während bei jener ein heller Streifen auf schraffirtem Grunde auftritt, innerhalb welches die Fraunhofer'sche Linie mit vollster Schärfe sichtbar bleibt.

Digitized by Google

Mit Wild's Polaristrobometer hat die neue Anordnung das Princip des Verschwindens von Interferenzstreifen gemein; sie kann sogar ganz in derselben Weise wie jenes benutzt werden. Beleuchtet man mit homogenem, z. B. Natriumlicht, und macht den Spectroskopspalt sehr weit, so erscheint das homogen beleuchtete rechteckige Gesichtsfeld von horizontalen dunklen Streifen durchzogen, welche nun ganz in derselben Weise benutzt werden, wie bei dem Wild'schen Instrumente.

Digitized by Google

Interferenz durch circulare Doppelbrechung.

Von E. Lommel.

(*Eingelaufen 2. Juni.*)

Lässt man ein paralleles Bündel geradlinig polarisirten Lichtes auf ein Quarzprisma fallen, dessen optische Axe auf der Halbirungsebene des brechenden Winkels senkrecht steht, so erscheinen, wenn das Prisma auf kleinste Ablenkung gestellt ist, auf der zur optischen Axe parallelen Rückenfläche, die in unserem Falle mattgeschliffen war, sehr schöne zur brechenden Kante parallele Interferenzstreifen. Die Streifen zeigen sich in gleicher Schönheit, welches auch die Schwingungsrichtung des einfallenden polarisirten Lichtes sein mag; sie ändern sich jedoch beim Drehen des Polarisators derart, dass sie bei einer Drehung desselben um 90^0 in die complementären übergehen.

Die Erklärung der Erscheinung lässt sich in sehr einfacher Weise geben. Aus dem einfallenden geradlinig polarisirten Lichtstrahl (SP, s. Fig.) entstehen zwei entgegengesetzt kreisförmig polarisirte Strahlen, welche, indem sie das Prisma in der Richtung der optischen Axe (PQ) mit verschiedenen Fortpflanzungsgeschwindigkeiten durchlaufen, einen Gangunterschied gewinnen, vermöge dessen sie, nachdem sie an der Austrittsfläche des Prismas durch innere Zurückwerfung theilweise polarisirt worden, auf ihrem Wege (QR) zur Rückenfläche interferiren.

Digitized by Google

Sei

$$l = \sin \frac{2\pi}{T} t = \sin \varphi$$

die durch die Vorderfläche (bei P) eingetretene geradlinige Schwingung, welche zum Hauptschnitt des Prismas unter dem Winkel ψ geneigt sei, so kommen an der Austrittsfläche (bei Q), nach Durchlaufung des Weges $PQ = \varepsilon$, die vier geradlinigen Schwingungen

$$\frac{1}{2} \sin \left(\varphi - \frac{2\pi}{\lambda} \frac{\varepsilon}{c'}\right), \quad \frac{1}{2} \cos \left(\varphi - \frac{2\pi}{\lambda} \frac{\varepsilon}{c'}\right)$$

$$\frac{1}{2} \sin \left(\varphi - \frac{2\pi}{\lambda} \frac{\varepsilon}{c''}\right), \quad -\frac{1}{2} \cos \left(\varphi - \frac{2\pi}{\lambda} \frac{\varepsilon}{c''}\right)$$

an, von welchen die Componenten mit dem Sinuszeichen im Azimute ψ, diejenigen mit dem Cosinuszeichen im Azimute $\psi + 90^0$ schwingen, und paarweise zusammengefasst die beiden entgegengesetzt circularen Strahlen darstellen, welche sich mit den Geschwindigkeiten c' und c'' längs der Krystallaxe fortpflanzen. Zerlegt man dieselben senkrecht und parallel zur Einfallsebene (oder zum Hauptschnitt des Prismas), so ergeben sich als senkrechte Componenten:

$$\frac{1}{2} \sin \psi \sin \left(\varphi - \frac{2\pi}{\lambda} n' \varepsilon\right), \quad \frac{1}{2} \cos \psi \cos \left(\varphi - \frac{2\pi}{\lambda} n' \varepsilon\right),$$

$$\frac{1}{2} \sin \psi \sin \left(\varphi - \frac{2\pi}{\lambda} n'' \varepsilon\right), \quad -\frac{1}{2} \cos \psi \cos \left(\varphi - \frac{2\pi}{\lambda} n'' \varepsilon\right),$$

und als zur Einfallsebene parallele Componenten:

$$\frac{1}{2} \cos \psi \sin \left(\varphi - \frac{2\pi}{\lambda} n' \varepsilon\right), \quad -\frac{1}{2} \sin \psi \cos \left(\varphi - \frac{2\pi}{\lambda} n' \varepsilon\right)$$

$$\frac{1}{2} \cos \psi \sin \left(\varphi - \frac{2\pi}{\lambda} n'' \varepsilon\right), \quad \frac{1}{2} \sin \psi \cos \left(\varphi - \frac{2\pi}{\lambda} n'' \varepsilon\right),$$

wo noch statt der reciproken Werthe der Geschwindigkeiten

Digitized by Google

c' und c'' die zugehörigen Brechungscoefficienten n' und n'' geschrieben wurden.

Bezeichnet man mit μ und ν die Schwächungscoefficienten für die Reflexion an der Austrittsfläche des Prismas für zur Einfallsebene senkrecht und dazu parallele Schwingungen, so besteht demnach der zurückgeworfene Strahl (QR) aus den beiden zu einander senkrecht schwingenden Strahlen:

$$\frac{1}{2}\mu\left(\cos\left(\varphi-\frac{2\pi}{\lambda}n'\varepsilon-\psi\right)-\cos\left(\varphi-\frac{2\pi}{\lambda}n''\varepsilon+\psi\right)\right)$$

und

$$\frac{1}{2}\nu\left(\sin\left(\varphi-\frac{2\pi}{\lambda}n'\varepsilon-\psi\right)+\sin\left(\varphi-\frac{2\pi}{\lambda}n''\varepsilon+\psi\right)\right).$$

Der erstere, nämlich

$$\mu\sin\left(\frac{\pi}{\lambda}(n'-n'')\varepsilon+\psi\right)\sin\left(\varphi-\frac{\pi}{\lambda}(n'+n'')\varepsilon\right)$$

besitzt die Lichtstärke:

$$M^2=\mu^2\sin^2\left(\frac{\pi}{\lambda}(n'-n'')\varepsilon+\psi\right),$$

der zweite, zu diesem senkrecht schwingende, nämlich:

$$\nu\cdot\cos\left(\frac{\pi}{\lambda}(n'-n'')\varepsilon+\psi\right)\sin\left(\varphi-\frac{\pi}{\lambda}(n'+n'')\varepsilon\right)$$

die Lichtstärke:

$$N^2=\nu^2\cos^2\left(\frac{\pi}{\lambda}(n'-n'')\varepsilon+\psi\right).$$

Mit der Summe M^2+N^2 dieser Intensitäten wird ein Punkt (R) der Rückenfläche des Prismas erleuchtet. Wäre $\nu=\mu$, so würde diese Summe von dem Gangunterschiede $(n'-n'')\varepsilon$ unabhängig, und Interferenzstreifen könnten nicht auftreten; ebenso wenig, wenn bei verschiedenen Werthen von μ und ν zu dem im Azimute ψ polarisirten einfallenden

Digitized by Google

Strahl noch ein gleichstarker dazu senkrecht polarisirter hinzukäme, d. h. wenn natürliches Licht auf das Prisma fiele. Ist jedoch das einfallende Licht geradlinig polarisirt, so wird niemals $\nu = \mu$ sein, sondern $\nu^2 < \mu^2$, und es erscheinen Interferenzstreifen, deren Minima und Maxima mit denjenigen von M^2 zusammenfallen.

Es ist bei dieser Darlegung angenommen worden, dass die beiden interferirenden Strahlen parallel zur optischen Axe denselben Weg (PQ) mit ungleichen Geschwindigkeiten durchlaufen, und an der Austrittsfläche des Prismas (in Q) nach dem gewöhnlichen Reflexionsgesetz ebenfalls nach einer und derselben Richtung (QR) zurückgeworfen werden. In Wirklichkeit aber schlagen die beiden circularen Strahlen, in welche sich der einfallende lineare Strahl zerlegt, vermöge der Verschiedenheit ihrer Brechungsindices n' und n'' verschiedene Wege ein, indem der eine stärker, der andere schwächer gebrochen wird, als der Strahl, welcher bei Abwesenheit des Drehungsvermögens kraft des ordinären Brechungsindex n die Axenrichtung selbst einschlagen würde. Während also bisher, unter α den brechenden Winkel des Prismas und unter i den Einfallswinkel des parallelen Strahlenbündels verstanden, die Richtung der interferirenden Strahlen (PQ) der Gleichung

$$\sin i = n \sin \frac{1}{2}\alpha$$

entsprechend angenommen wurde, bestimmen sich diese Richtungen vielmehr durch die Gleichungen:

$$\sin i = n' \sin\left(\frac{1}{2}\alpha - \delta\right) \quad \text{und} \quad \sin i = n'' \sin\left(\frac{1}{2}\alpha + \delta\right);$$

die sehr kleinen Winkel, um welche diese Richtungen von der Krystallaxe abweichen, sind nämlich in erster Annäherung einander gleich $(= \delta)$, nämlich bis auf Grössen zweiter Ord-

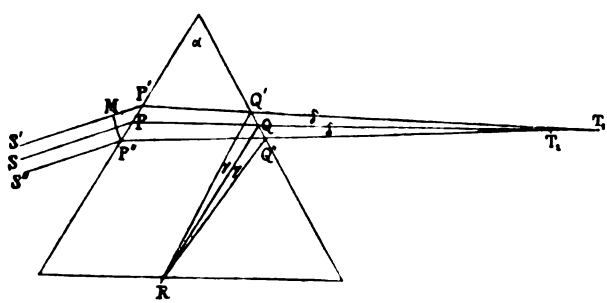
Digitized by Google

nung hinsichtlich der Grösse δ. Mit derselben Annäherung gilt auch die Beziehung [1])

$$n = \frac{n' + n''}{2}.$$

In dem Punkte (R) der Rückenfläche des Prismas kommen daher zwei Strahlen zur Interferenz, welche, zwei verschiedenen einfallenden Strahlen $S'P'$ und $S''P''$ entstammend, von der einfallenden Welle $P''M$ aus die verschiedenen Wege $MP'Q'R$ und $P''Q''R$ durchlaufen haben. Auch die kleinen Winkel, welche die Strahlen $Q'R$ und $Q''R$ mit dem Strahle QR bilden, sind, wenn wir die gegenwärtige Betrachtung auf zum Hauptschnitt senkrechte Schwingungen beschränken, die sich im Quarz in von der optischen Axe so beträchtlich abweichenden Richtungen dem Index n gemäss fortpflanzen, in erster Annäherung als einander gleich anzusehen ($= \gamma$); sie würden, wenn an der Austrittsfläche gewöhnliche Zurückwerfung stattfände, jeder $= \delta$ sein; da aber Krystallreflexion eintritt, so ist γ von δ verschieden, und zwar ergibt die Huyghens'sche Construction, wiederum in erster Annäherung, $\gamma = 2\,\delta$.

Der Gangunterschied der beiden in R zusammentreffenden Strahlen ist nun (s. Fig.):



$$\Delta = (PP' + PP'')\sin i + P'Q' \cdot n' + Q'R \cdot n - P''Q'' \cdot n'' - Q''R \cdot n.$$

1) Lommel, Wied. Ann. 20. pg. 581. 1883.

Digitized by Google

Aus der Figur aber entnimmt man:

$$P'Q' = P'T_1 - Q'T_1 \ , \ P''Q'' = P''T_2 - Q''T_2,$$

$$P'T_1 = PT_1 \frac{\cos\frac{1}{2}\alpha}{\cos(\frac{1}{2}\alpha - \delta)} \ , \ P''T_2 = PT_2 \cdot \frac{\cos\frac{1}{2}\alpha}{\cos(\frac{1}{2}\alpha + \delta)}$$

$$Q'T_1 = QT_1 \cdot \frac{\cos\frac{1}{2}\alpha}{\cos(\frac{1}{2}\alpha + \delta)} \ , \ Q''T_2 = QT_2 \cdot \frac{\cos\frac{1}{2}\alpha}{\cos(\frac{1}{2}\alpha - \delta)}$$

$$PP' = PT_1 \cdot \frac{\sin\delta}{\cos(\frac{1}{2}\alpha - \delta)} \ , \ PP'' = PT_2 \cdot \frac{\sin\delta}{\cos(\frac{1}{2}\alpha + \delta)}$$

$$Q'R = QR \cdot \frac{\cos\frac{1}{2}\alpha}{\cos(\frac{1}{2}\alpha + \gamma)} \ , \ Q''R = QR \cdot \frac{\cos\frac{1}{2}\alpha}{\cos(\frac{1}{2}\alpha - \gamma)}$$

$$QT_1 = QR \cdot \frac{\sin\gamma}{\sin\delta} \cdot \frac{\cos(\frac{1}{2}\alpha + \delta)}{\cos(\frac{1}{2}\alpha + \gamma)}, \ QT_2 = QR \cdot \frac{\sin\gamma}{\sin\delta} \cdot \frac{\cos(\frac{1}{2}\alpha - \delta)}{\cos(\frac{1}{2}\alpha - \gamma)}.$$

Hienach ergibt sich zunächst:

$$\begin{aligned} \Delta = \sin i \sin\delta \left(\frac{PT_1}{\cos(\frac{1}{2}\alpha - \delta)} + \frac{PT_2}{\cos(\frac{1}{2}\alpha + \delta)} \right) \\ + n' \cos\tfrac{1}{2}\alpha \left(\frac{PT_1}{\cos(\frac{1}{2}\alpha - \delta)} - \frac{QT_1}{\cos(\frac{1}{2}\alpha + \delta)} \right) \\ - n'' \cos\tfrac{1}{2}\alpha \left(\frac{PT_2}{\cos(\frac{1}{2}\alpha + \delta)} - \frac{QT_2}{\cos(\frac{1}{2}\alpha - \delta)} \right) \\ + QR \cdot n \cos\tfrac{1}{2}\alpha \left(\frac{1}{\cos(\frac{1}{2}\alpha + \gamma)} - \frac{1}{\cos(\frac{1}{2}\alpha - \gamma)} \right), \end{aligned}$$

oder, wenn man:

$$PT_1 = \varepsilon + QT_1 \ , \ PT_2 = \varepsilon + QT_2$$

einführt:

$$\begin{aligned} \Delta = \varepsilon \left(\frac{\sin i \sin\delta + n' \cos\frac{1}{2}\alpha}{\cos(\frac{1}{2}\alpha - \delta)} + \frac{\sin i \sin\delta - n'' \cos\frac{1}{2}\alpha}{\cos(\frac{1}{2}\alpha + \delta)} \right) \\ + QT_1 \left(\frac{\sin i \sin\delta + n' \cos\frac{1}{2}\alpha}{\cos(\frac{1}{2}\alpha - \delta)} - \frac{n' \cos\frac{1}{2}\alpha}{\cos(\frac{1}{2}\alpha + \delta)} \right) \end{aligned}$$

Digitized by Google

$$+ QT_2 \left(\frac{\sin i \sin \delta - n'' \cos \tfrac{1}{2}\alpha}{\cos(\tfrac{1}{2}\alpha + \delta)} + \frac{n'' \cos \tfrac{1}{2}\alpha}{\cos(\tfrac{1}{2}\alpha - \delta)} \right)$$

$$+ QR \cdot n \cos \tfrac{1}{2}\alpha \left(\frac{1}{\cos(\tfrac{1}{2}\alpha + \gamma)} - \frac{1}{\cos(\tfrac{1}{2}\alpha - \gamma)} \right).$$

Es ist aber:

$$\frac{\sin i \sin \delta + n' \cos \tfrac{1}{2}\alpha}{\cos(\tfrac{1}{2}\alpha - \delta)} = n' \cdot \frac{\sin(\tfrac{1}{2}\alpha - \delta) \sin \delta + \cos \tfrac{1}{2}\alpha}{\cos(\tfrac{1}{2}\alpha - \delta)}$$

$$= \frac{n'}{\cos(\tfrac{1}{2}\alpha - \delta)} (\sin \tfrac{1}{2}\alpha \sin \delta \cos \delta - \cos \tfrac{1}{2}\alpha \sin^2 \delta + \cos \tfrac{1}{2}\alpha)$$

$$= \frac{n' \cos \delta}{\cos(\tfrac{1}{2}\alpha - \delta)} (\cos \tfrac{1}{2}\alpha \cos \delta + \sin \tfrac{1}{2}\alpha \sin \delta) = n' \cos \delta ;$$

und ebenso:

$$\frac{\sin i \sin \delta - n'' \cos \tfrac{1}{2}\alpha}{\cos(\tfrac{1}{2}\alpha + \delta)} = n'' \cdot \frac{\sin(\tfrac{1}{2}\alpha + \delta) \sin \delta - \cos \tfrac{1}{2}\alpha}{\cos(\tfrac{1}{2}\alpha + \delta)}$$

$$= - n'' \cos \delta.$$

Hierdurch wird zunächst:

$$\Delta = (n' - n'') z \cos \delta + QT_1 \cdot n' \left(\cos \delta - \frac{\cos \tfrac{1}{2}\alpha}{\cos(\tfrac{1}{2}\alpha + \delta)} \right)$$

$$- QT_2 \cdot n'' \left(\cos \delta - \frac{\cos \tfrac{1}{2}\alpha}{\cos(\tfrac{1}{2}\alpha - \delta)} \right)$$

$$+ QR \cdot n \cos \tfrac{1}{2}\alpha \left(\frac{1}{\cos(\tfrac{1}{2}\alpha + \gamma)} - \frac{1}{\cos(\tfrac{1}{2}\alpha - \gamma)} \right)$$

und weiter, wenn man QR statt QT_1 und QT_2 einführt:

$$\Delta = (n' - n'') z \cos \delta$$

$$+ QR \cdot n' \frac{\sin \gamma}{\sin \delta} \cdot \frac{\cos(\tfrac{1}{2}\alpha + \delta)}{\cos(\tfrac{1}{2}\alpha + \gamma)} \left(\cos \delta - \frac{\cos \tfrac{1}{2}\alpha}{\cos(\tfrac{1}{2}\alpha + \delta)} \right)$$

$$- QR \cdot n'' \frac{\sin \gamma}{\sin \delta} \cdot \frac{\cos(\tfrac{1}{2}\alpha - \delta)}{\cos(\tfrac{1}{2}\alpha - \gamma)} \left(\cos \delta - \frac{\cos \tfrac{1}{2}\alpha}{\cos(\tfrac{1}{2}\alpha - \delta)} \right)$$

Digitized by Google

$$+ QR \cdot n \cos \tfrac{1}{2}\alpha \left(\frac{1}{\cos(\frac{1}{2}\alpha + \gamma)} - \frac{1}{\cos(\frac{1}{2}\alpha - \gamma)} \right)$$

$$= (n' - n'') z \cos\delta - QR \cdot \frac{n' \sin(\frac{1}{2}\alpha + \delta) \sin\gamma}{\cos(\frac{1}{2}\alpha + \gamma)}$$

$$- QR \cdot \frac{n'' \sin(\frac{1}{2}\alpha - \delta) \sin\gamma}{\cos(\frac{1}{2}\alpha - \gamma)}$$

$$+ QR \cdot n \cos \tfrac{1}{2}\alpha \left(\frac{1}{\cos(\frac{1}{2}\alpha + \gamma)} - \frac{1}{\cos(\frac{1}{2}\alpha - \gamma)} \right).$$

Setzt man nun

$$n = \frac{n' + n''}{2}$$

so wird der Factor von QR:

$$-\frac{\sin\gamma}{\cos(\frac{1}{2}\alpha - \gamma)\cos(\frac{1}{2}\alpha + \gamma)} [n'(\sin\tfrac{1}{2}\alpha\cos\tfrac{1}{2}\alpha - \sin(\tfrac{1}{2}\alpha + \delta)\cos(\tfrac{1}{2}\alpha - \gamma))$$

$$+ n'' (\sin\tfrac{1}{2}\alpha\cos\tfrac{1}{2}\alpha - \sin(\tfrac{1}{2}\alpha - \delta)\cos(\tfrac{1}{2}\alpha + \gamma))]$$

$$= -\frac{\sin\gamma}{\cos(\frac{1}{2}\alpha - \gamma)\cos(\frac{1}{2}\alpha + \gamma)} [(n' - n'')(\sin\delta\cos\gamma - \sin^2\tfrac{1}{2}\alpha\sin(\gamma - \delta))$$

$$- (n' + n'') \sin\alpha \sin^2\tfrac{1}{2}(\gamma - \delta)].$$

Es ergibt sich also schliesslich:

$$\Delta = (n' - n'') z \cos\delta$$

$$-\frac{QR \cdot \sin\gamma}{\cos(\frac{1}{2}\alpha - \gamma)\cos(\frac{1}{2}\alpha + \gamma)} [(n' - n'')(\cos\gamma\sin\delta - \sin^2\tfrac{1}{2}\alpha\sin(\gamma - \delta))$$

$$- (n' + n'') \sin\alpha \sin^2\tfrac{1}{2}(\gamma - \delta)]$$

oder für den hier speciell betrachteten Fall $\gamma = 2\delta$:

$$\Delta = (n' - n'') z \cos\delta - \frac{QR \sin 2\delta}{\cos(\frac{1}{2}\alpha - 2\delta)\cos(\frac{1}{2}\alpha + 2\delta)}$$

$$[(n' - n'')(\cos 2\delta - \sin^2\tfrac{1}{2}\alpha)\sin\delta - (n' + n'')\sin\alpha\sin^2\tfrac{1}{2}\delta].$$

Wie man sieht, weicht dieser Ausdruck von dem Gangunterschied

$$\Delta = (n' - n'') z,$$

Digitized by Google

wie ihn die obige einfache Darstellung ergibt, nur in Gliedern von zweiter und höherer Ordnung ab, und es erscheint daher bei der Kleinheit des Winkels δ (er beträgt nur wenige Sekunden) gerechtfertigt, an jener so überaus einfachen Theorie, welche sich auf die Betrachtung des Strahlenganges PQR beschränkt, festzuhalten. —

Der brechende Winkel des benutzten Quarzprismas beträgt sehr nahe 60°. Der minimal abgelenkte Strahl trifft daher auf die Austrittsfläche unter einem Winkel, der vom Polarisationswinkel nur wenig verschieden ist, so dass ν^2 im Vergleiche zu μ^2 sehr klein wird, und die Intensität der Interferenzerscheinung einfach durch:

$$M^2 = \mu^2 \sin^2\left(\frac{\pi}{\lambda}(n' - n'')\,\varepsilon + \psi\right)$$

ausgedrückt werden kann.

Dunkle Streifen treten auf, wenn

$$\frac{\pi}{\lambda}(n' - n'')\,\varepsilon + \psi = m\pi\,,$$

Maxima der Lichtstärke oder helle Streifen, wenn

$$\frac{\pi}{\lambda}(n' - n'')\,\varepsilon + \psi = (m + \tfrac{1}{2})\,\pi$$

ist, unter m eine ganze Zahl verstanden. Wenn sich das Azimut ψ um einen rechten Winkel ändert, so rücken die dunkeln Streifen an die Stellen, wo vorher die hellen waren; d. h. die Erscheinung geht bei Anwendung von weissem Licht in die complementäre über.

Die Entfernung zweier benachbarter dunkler Streifen oder die Streifenbreite ζ ergibt sich:

$$\zeta = \frac{\lambda}{n' - n''}.$$

Um dieselbe, bei homogenem Lichte, zu messen, wurden auf der mattgeschliffenen Rückenfläche des Prismas Bleistift-

Digitized by Google

linien senkrecht zur brechenden Kante, also auch se zu den Streifen, gezogen, auf diesen mit der Blei die Mitten der dunkeln Streifen bezeichnet, und sodann des Zirkels die Breite von 2, 3, 4 oder 5 Streifen au Millimetermassstab abgemessen. Für Natriumlicht erg $\zeta = 8{,}3^{mm}$, für das durch ein rothes Glas gegange $\zeta = 9{,}4^{m}$.

Um die Streifenbreiten für die Fraunhofer'schen L zu bestimmen, wurde das durch den Nicol gegangene S licht auf einem mit verticalem Spalt durchbohrten S zu einem Spectrum ausgebreitet, dieser Spalt nach der L auf die Fraunhofer'schen Linien eingestellt, und das d diesen Spalt gegangene homogene Licht, durch eine L parallel gemacht, auf das Prisma gelenkt, welches jede auf die kleinste Ablenkung eingestellt wurde. Die Str breiten für jede Farbe wurden sodann auf die oben besch Art gemessen. Kennt man aber für die Wellenlänge λ Streifenbreite ζ, so ergibt sich aus

$$n' - n'' = \frac{\lambda}{\zeta}$$

die Differenz der Brechungsindices der beiden circular po sirten Strahlen. In der folgenden kleinen Tabelle sind gemessenen Werthe von ζ, die Wellenlängen λ und die hier berechneten Werthe $n' - n''$ angegeben.

Fraunhofer'sche Linien	ζ mm	λ mm	$n' - n''$	$D = \frac{18}{\zeta}$
B	11,5	0,0006867	0,0000597	15,7
C	10,4	6563	0,0000631	17,3
D	8,3	5896	0,0000710	21,7
E	6,5	5270	0,0000811	27,7
b	6,3	5184	0,0000823	28,6
F	5,5	4861	0,0000884	32,7
G	4,25	4308	0,0001014	42,4

Digitized by Google

Die Drehung der Polarisationsebene für die Quarzdicke trägt:

$$D = \frac{\pi}{\lambda}(n' - n'')\,z,$$

für die Dicke 1^{mm}:

$$D = \frac{\pi}{\lambda}(n' - n'')$$

r:

$$D = \frac{\pi}{\zeta}.$$

Man findet also die Drehung der Polarisationsebene für ^{m} Quarzdicke, indem man 180^0 durch die Streifenbreite vidirt.

In der letzten Columne der vorstehenden Tabelle sind e so berechneten Drehungswinkel angegeben. Nach den .recten Messungen von Soret und Sarasin[1]) betragen ieselben:

B	*C*	*D*	*E*	*F*	*G*
$15{,}75^0$	$17{,}32^0$	$21{,}70^0$	$27{,}54^0$	$32{,}77^0$	$42{,}60^0$.

Durch diese Interferenzstreifen sind wir also in den Stand gesetzt, die Drehungswinkel durch eine blosse Längenmessung zu ermitteln.

Ueber das Verhalten der Streifen sei noch folgendes bemerkt. In voller Schönheit zeigen sie sich nur, wenn das Prisma im Minimum der Ablenkung steht. Dreht man dasselbe aus dieser Stellung heraus, so werden sie enger und blasser und verschwinden bald. Dem Minimum der Ablenkung entspricht demnach das Maximum der Breite und Schärfe der Streifen.

Im circular polarisirten Licht verschwinden die Streifen, weil alsdann nur ein Strahl mit einer einzigen Geschwindigkeit

1) Soret und Sarasin, Arch. de Gen. 8. 1882.

Digitized by Google

längs der optischen Axe sich fortpflanzt, und ein Gan
schied daher nicht zu Stande kommt. Auch im unpo
Licht, z. B. im directen Sonnenlicht, sind sie nicht n
Dagegen zeigen sie sich, allerdings blasser, auch ob
in dem Lichte, welches vom Heliostatspiegel kom
dasselbe theilweise polarisirt ist, ebenso im Sonnenlicht
durch eine Fensterscheibe gegangen ist. Ein solch
prisma verräth also durch das Auftreten der Interfere
das Vorhandensein geradlinig polarisirten Lichtes, und
daher auch als Polariskop dienen.

Ist die Rückfläche des Prismas polirt, oder kitt
auf die matte Fläche mittels Canadabalsam eine plan
Glasplatte, so treten die reflectirten Strahlen (QR) aus
sie mit den einfallenden Strahlen parallel werden, und
kann das Interferenzbild auf einem Schirme auffang
mittels einer Linse vergrössert projiciren.

Auch in dem aus dem Prisma bei Q austretenden Str
bündel zeigen sich Interferenzstreifen, welche gegenüb
durch Reflexion entstandenen um eine halbe Streifen
verschoben sind, weil hier der im Hauptschnitt schwi
Strahl an Intensität überwiegt. Dieselben sind jedoch
blasser, weil die Intensitäten der beiden zu einander sen
schwingenden Componenten hier nicht sehr von einander
schieden sind.

Digitized by Google

Sitzung vom 7. Juli 1888.

1. Herr L. Sohncke hielt einen Vortrag über „Erweiterung der Theorie von der Krystallstruktur". Der Vortrag wird anderweit veröffentlicht werden.

2. Herr Gust. Bauer spricht über „Flächen 4. Ordnung, deren geometrische Erzeugung sich an 2 Tetraeder knüpft".

Über Flächen 4. Ordnung, deren geometrische Erzeugung sich an 2 Tetraeder knüpft.

Von G. Bauer.

(Eingelaufen 8. Oktober.)

1. Es seien im Raume vier Punkte A gegeben, welche ein Tetraeder (A-Tetraeder) bilden. Die Ecken dieses Tetraeders mögen einfach durch 1, 2, 3, 4 bezeichnet sein, die ihnen gegenüberliegenden Seitenflächen des Tetraeders durch I, II, III, IV. Den Punkten A (1, 2, 3, 4) sollen vier Ebenen I′, II′, III′, IV′ entsprechen, welche ein zweites Tetraeder (das C-Tetraeder) bilden, dessen Ecken C den vier Ebenen gegenüberliegend nach der Reihe mit 1′, 2′, 3′, 4′ bezeichnet werden mögen. Wird nun ein Punkt P so bestimmt, dass die vier von ihm ausgehenden Strahlen, welche die Ecken 1, 2, 3, 4 des A-Tetraeders projiciren, die diesen Ecken entsprechenden Ebenen I′, II′, III′, IV′ in Punkten Q_1, Q_2, Q_3, Q_4 treffen, welche in einer Ebene liegen, so ist

Digitized by Google

der Ort des Punktes P bei allgemeiner Lage der beiden Tetraeder eine Fläche 4. Ordnung mit 4 Knotenpunkten und 10 Geraden. Je nach der Lage der Tetraeder können neue Knotenpunkte und Gerade auf der Fläche sich bilden, kurz dieselbe kann sich in mannigfachster Weise abändern, sodass eine grosse Reihe von Flächen 4. Ordnung der angegebenen geometrischen Construktion unterliegt. Es ist nicht meine Absicht, hier diese ganze Reihe von Flächen zu untersuchen, sondern ich beabsichtige nur auf einige Fälle hinzuweisen, die auf bekannte Flächen führen und theils hiedurch, theils durch die besondere Lage der zwei Tetraeder zu einander einiges Interesse zu gewähren scheinen.

2. Nehmen wir das C-Tetraeder zum Coordinaten-Tetraeder; seien ferner α_i (i = 1, 2, 3, 4) die Coordinaten der ersten, β_i, die Coordinaten der zweiten, γ_i die der dritten und δ_i die der vierten Ecke des A-Tetraeders, so wie x_i die Coordinaten des Punktes P, so ergibt sich sofort die Gleichung der Fläche F, welche nach obiger Construktion der Ort des Punktes P ist, in der Form

$$F \equiv \begin{vmatrix} 0 & (\alpha_2 x_1) & (\alpha_3 x_1) & (\alpha_4 x_1) \\ (\beta_1 x_2) & 0 & (\beta_3 x_2) & (\beta_4 x_2) \\ (\gamma_1 x_3) & (\gamma_2 x_3) & 0 & (\gamma_4 x_3) \\ (\delta_1 x_4) & (\delta_2 x_4) & (\delta_3 x_4) & 0 \end{vmatrix} = 0, \qquad (I)$$

wo allgemein $(\lambda_k x_i)$ für $\lambda_k x_i - \lambda_i x_k$ gesetzt ist. In der That sind die Elemente dieser Determinante, welche in einer Horizontalreihe stehen, nichts anderes als die Coordinaten je eines der Punkte Q, in welchen die vom Punkte x nach den Ecken des A-Tetraeders gezogenen Geraden die entsprechenden Seitenflächen des Coordinaten- (oder C-Tetraeders) durchstossen, und die Gleichung (I) drückt aus, dass diese vier Punkte Q in einer Ebene liegen.

Aus der Gleichung (I) ersieht man, dass dieselbe erfüllt wird, wenn der Punkt x in eine Kante des C-Tetraeders fällt,

Digitized by Google

wie auch geometrisch evident ist. Die Fläche F enthält mithin die sechs Kanten des C-Tetraeders und die Ecken desselben sind Knotenpunkte derselben. Von dem A-Tetraeder aber liegen nur die Ecken auf der Fläche (denn die Gleichung (I) wird erfüllt, wenn z. B. α_1 statt x_1 gesetzt wird), und zwar sind dieselben im allgemeinen einfache Punkte derselben.[1])

3. Eine einfache geometrische Betrachtung zeigt ferner, dass die Fläche ausser den sechs Kanten des C-Tetraeders noch vier Gerade enthält, nämlich die Durchschnitte der Tetraederseiten

$$(I\ I'),\ (II\ II'),\ (III\ III'),\ (IV\ IV'),$$

so dass die Fläche F im Allgemeinen 4 Knotenpunkte und 10 Gerade enthält. Diese vier letzten Geraden sollen der Kürze halber im folgenden als die Geraden g_i $(i = 1, 2, 3, 4)$ bezeichnet sein. Dass dieselben auf der Fläche liegen, geht auch aus der Gleichung der Fläche hervor, wenn wir dieselbe entwickeln. Ersetzen wir die Nullen in der Determinante resp. durch $\alpha_1 x_1 - \alpha_1 x_1$, $\beta_2 x_2 - \beta_2 x_2$, u. s. f. und zerlegen dieselbe sodann nach den Summanden der Hori-

---

1) Es ist leicht die Tangentialebene an einem dieser Punkte, z. B. an der Ecke 1 anzugeben. Die Kanten (12), (13), (14) des A-Tetraeders treffen die Ebenen II′, III′, IV′ des C-Tetraeders in drei Punkten Q_3^1, Q_2^1, Q_4^1 und die Ebene $Q_3^1\ Q_2^1\ Q_4^1$ schneidet die Ebene I′ des C-Tetraeders in einer Geraden m_1. Die Tangentialebene der Fläche an der Ecke 1 des A-Tetraeders geht durch diese Gerade m_1. Denn bewegt sich der Punkt P (x) auf dieser Ebene unendlich nahe an der Ecke 1, so bleiben auch die Punkte Q_2, Q_3, Q_4 unendlich nahe der Ebene $Q_3^1\ Q_2^1\ Q_4^1$ und mithin der Punkt P unendlich nahe der Fläche. Die Gleichung dieser Tangentialebene in der Ecke 1 findet sich demnach leicht in der Form

$$\begin{vmatrix} 0 & (\alpha_2 x_1) & (\alpha_3 x_1) & (\alpha_4 x_1) \\ (\beta_1 \alpha_2) & 0 & (\beta_3 \alpha_2) & (\beta_4 \alpha_2) \\ (\gamma_1 \alpha_3) & (\gamma_2 \alpha_3) & 0 & (\gamma_4 \alpha_3) \\ (\delta_1 \alpha_4) & (\delta_2 \alpha_4) & (\delta_3 \alpha_4) & 0 \end{vmatrix} = 0$$

Digitized by Google

zontalreihen, so erhalten wir folgende Gleichung für die Fläche:

$$\alpha_1 x_2 x_3 x_4 (x_1 \beta_2 \gamma_3 \delta_4) + \beta_2 x_1 x_3 x_4 (\alpha_1 x_2 \gamma_3 \delta_4) + \gamma_3 x_1 x_2 x_4 (\alpha_1 \beta_2 x_3 \delta_4) + \delta_4 x_1 x_2 x_3 (\alpha_1 \beta_2 \gamma_3 x_4) - x_1 x_2 x_3 x_4 (\alpha_1 \beta_2 \gamma_3 \delta_4) = 0. \quad (I')$$

wo nach bekannter Bezeichnung die Faktoren $(x_1 \beta_2 \gamma_3 \delta_4)$ u. s. w. Determinanten 4. Ordnung bezeichnen. Da $(x_1 \beta_2 \gamma_3 \delta_4) = 0$ die Gleichung der Ebene (234) oder I des A-Tetraeders darstellt und diese Gleichung in Verbindung mit $x_1 = 0$, die Gleichung der Fläche erfüllt, so liegt die Gerade (I I′) auf der Fläche.

4. Die vier Geraden g der Fläche schneiden sich bei allgemeiner Lage der beiden Tetraeder nicht. Sollen sich zwei derselben schneiden, z. B. (I I′) und (II II′), so müssen sich in demselben Punkte auch die Kanten (I II), (I′ II′) der beiden Tetraeder schneiden, und umgekehrt, schneiden sich diese beiden Kanten, so schneiden sich auch die beiden Geraden (I I′), (II II′) in diesem Punkte. Dann wird aber offenbar dieser Schnittpunkt der beiden Kanten Knotenpunkt der Fläche. So oft sich also zwei gleichbezeichnete Kanten der beiden Tetraeder schneiden, erhält die Fläche einen neuen Knotenpunkt, ohne dass desshalb die betreffende Kante des A-Tetraeders auf die Fläche rückt. Nun sind die Bedingungen,

dass die Kante (III IV) die Kante (III′ IV′) treffe $-(\alpha_3 \beta_4) = 0$
(II IV) „ (II′ IV′) „ $-(\alpha_4 \gamma_2) = 0$
(II III) „ (II′ III′) „ $-(\alpha_2 \delta_3) = 0$
(I IV) „ (I′ IV′) „ $-(\beta_1 \gamma_4) = 0$
(I III) „ (I′ III′) „ $-(\beta_3 \delta_1) = 0$
(I II) „ (I′ II′) „ $-(\gamma_1 \delta_2) = 0$ } (a)

wo $(\alpha_3 \beta_4)$, . . die Determinanten $\alpha_3 \beta_4 - \alpha_4 \beta_3$, . . . bezeichnen.

Diese sechs Bedingungsgleichungen sind nicht unabhängig von einander. Sind fünf derselben erfüllt, so ist es auch die sechste; man überzeugt sich davon sofort, wenn

Digitized by Google

man in irgend fünf dieser Gleichungen die zweiten Glieder der Determinanten auf die rechte Seite bringt und sodann die linken Gleichungsseiten wie auch die rechten mit einander multiplicirt. Schneiden sich also fünf Paare dieser Kanten, so schneidet sich auch das sechste Paar. Es können sich demnach 1, 2, 3, 4 oder 6 dieser Kantenpaare schneiden und die erzeugte Fläche F wird dann zwar immer 10 Gerade, aber 5, 6, 7, 8, oder 10 Knotenpunkte besitzen.

5. Wir betrachten spezieller den letzteren Fall, in welchem die Fläche 10 Knoten und 10 Gerade enthält, indem sich die sechs Kantenpaare schneiden. Da in diesem Falle jede der vier Geraden g die andern schneidet, so liegen diese Geraden in einer Ebene und mithin sind die zwei Tetraeder perspektivisch gelegen. Die Ebene der vier Geraden ist die Ebene des perspektivischen Durchschnitts der zwei Tetraeder, die Ebenen I und I′, II und II′, . . sind homologe Ebenen, die Ecken 1 und 1′, 2 und 2′, u. s. f. homologe Ecken der zwei Tetraeder. Die durch diese zwei perspektivisch liegenden Tetraeder erzeugte Fläche F ist die Hesse'sche Fläche einer allgemeinen Fläche 3. Ordnung. Das C-Tetraeder und die Ebene der vier Geraden g bilden das Pentaeder der Fläche; von dem A-Tetraeder liegen nur die Ecken auf der Fläche.

Dass die Fläche F in diesem Falle in der That die Hesse'sche Fläche einer Fläche 3. Ordnung ist, lässt sich leicht nachweisen und man kann auch sogleich die Gleichung der Fläche 3. Ordnung aufstellen, von welcher sie die Hesse'sche ist. Denn die Seitenflächen I und I′ der zwei Tetraeder schneiden sich auf der Ebene der vier Geraden g. Ist mithin $z = o$ diese Ebene, so muss die Gleichung der Ebene I sich vermöge der Bedingungsgleichungen (a) unter die Form $\mu x_1 + \lambda z = o$ bringen lassen; d. h. $(x_1 \beta_2 \gamma_3 \delta_4) = \mu_1 x_1 + \lambda_1 z$. Aus demselben Grunde muss $(\alpha_1 x_2 \gamma_3 \delta_4) = \mu_2 x_2 + \lambda_2 z$ sein u. s. w., wo die μ und λ leicht zu

Digitized by Google

berechnende Constante bezeichnen. Damit geht aber die Gleichung (I′) der Fläche in die bekannte Form

$$\alpha_1\lambda_1 x_2x_3x_4z+\beta_2\lambda_2 x_1x_3x_4z+\gamma_3\lambda_3 x_1x_2x_4z+\delta_4\lambda_4 x_1x_2x_3z \\ -\{(\alpha_1\beta_2\gamma_3\delta_4)-\alpha_1\mu_1-\beta_2\mu_2-\gamma_3\mu_3-\delta_4\mu_4)\}x_1x_2x_3x_4=0 \quad (1)$$

der Hesse'schen Fläche, bezogen auf ihr Pentaeder, über.

Durch die Bedingungsgleichungen (a) sind, wie wir sahen, fünf Coordinaten durch die übrigen bestimmt, so dass die Coordinaten der Eckpunkte eines zum Coordinaten-Tetraeder perspektivisch liegenden Tetraeders allgemein durch das Schema gegeben sind:[1])

$$\left.\begin{array}{cccc} \alpha_1 & \alpha_2 & \alpha_3 & \alpha_4 \\ \beta_1 & \beta_2 & \beta_3 & \dfrac{\alpha_4\beta_3}{\alpha_3} \\ \gamma_1 & \dfrac{\alpha_2\beta_3\gamma_1}{\alpha_3\beta_1} & \gamma_3 & \dfrac{\alpha_4\beta_3\gamma_1}{\alpha_3\beta_1} \\ \delta_1 & \dfrac{\alpha_2\beta_3\delta_1}{\alpha_3\beta_1} & \dfrac{\beta_3\delta_1}{\beta_1} & \delta_4 \end{array}\right\} \quad (2)$$

Ist nun die Gleichung der Hesse'schen Fläche irgend einer allgemeinen Fläche 3. Ordnung gegeben, und man nimmt vier Pentaederebenen zur Bestimmung des C-Tetraeders, so werden die sieben zur Bestimmung des A-Tetraeders noch übrigen Grössen dazu hinreichen, die Ebene $z=0$ mit der fünften Pentaederebene und die Coëfficienten der Gleichung (1) mit denen der gegebenen Flächengleichung übereinstimmend zu machen. Man ersieht hieraus, dass jede Hesse'sche Fläche einer Fläche 3. Ordnung ohne besondere Singularitäten auf die angeführte Weise mittelst

1) Abgesehen von speziellen Lagen, in welchen die Fläche F entartet, kann hier keine der Coordinaten Null werden und daher auch allenfalls α_1, β_1, γ_1, δ_1 gleich Eins gesetzt werden.

Digitized by Google

zweier perspektivisch liegender Tetraeder construirt werden kann.[1])

6. Die Gleichung der Fläche F lässt in dem eben behandelten Falle, wenn die zwei Tetraeder perspektivisch liegen, eine bemerkenswerthe Transformation zu. Dividirt man nämlich in der Gleichung (I) die 2., 3., 4. Vertikalreihe der Determinante resp. mit α_2, α_3, α_4 und sodann die 2. Horizontalreihe mit $\frac{\beta_3}{\alpha_3}$, die 3. mit $\frac{\gamma_2}{\alpha_2}$, die 4. mit $\frac{\delta_3}{\alpha_3}$, indem man beachtet, dass vermöge der Bedingungsgleichungen (a) $\frac{\beta_3}{\alpha_3}=\frac{\beta_4}{\alpha_4}$, $\frac{\gamma_2}{\alpha_2}=\frac{\gamma_4}{\alpha_4}$, $\frac{\delta_3}{\alpha_3}=\frac{\delta_2}{\alpha_2}$ ist, so wird die Gleichung von F

$$\begin{vmatrix} 0 & x_1-\frac{\alpha_1}{\alpha_2}x_2 & x_1-\frac{\alpha_1}{\alpha_3}x_3 & x_1-\frac{\alpha_1}{\alpha_4}x_4 \\ \frac{\beta_1\alpha_3}{\beta_3}x_2-\frac{\beta_2\alpha_3}{\beta_3}x_1 & 0 & x_2-\frac{\beta_2}{\beta_3}x_3 & x_2-\frac{\beta_2}{\beta_4}x_4 \\ \frac{\gamma_1\alpha_4}{\gamma_4}x_3-\frac{\gamma_3\alpha_4}{\gamma_4}x_1 & x_3-\frac{\gamma_3}{\gamma_2}x_2 & 0 & x_3-\frac{\gamma_3}{\gamma_4}x_0 \\ \frac{\delta_1\alpha_2}{\delta_2}x_4-\frac{\delta_4\alpha_2}{\delta_2}x_1 & x_4-\frac{\delta_4}{\delta_2}x_2 & x_4-\frac{\delta_4}{\delta_3}x_3 & 0 \end{vmatrix}=0$$

Aber nach den Relationen (a) ist

$$\frac{\beta_1\alpha_3}{\beta_3}=\frac{\beta_1\alpha_3\delta_1}{\delta_3\beta_1}=\frac{\alpha_3\delta_1}{\delta_3}=\frac{\alpha_2\delta_1}{\delta_2}=\frac{\alpha_2\gamma_1}{\gamma_2}=\frac{\alpha_4\gamma_1}{\gamma_4};$$

1) Mit Benützung der Coordinaten (2) wird, wenn

$$x_1=\alpha_1\beta_3-\alpha_3\beta_1,\ x_2=\alpha_3\beta_2-\alpha_2\beta_3,\ x_3=\frac{\alpha_3\gamma_3\beta_1}{\gamma_1}-\alpha_3\beta_3,\ x_4=\frac{\alpha_3\delta_4\beta_1}{\delta_1}-\alpha_4\beta_3,$$

$$z=\frac{x_1}{x_1}+\frac{x_2}{x_2}+\frac{x_3}{x_3}+\frac{x_4}{x_4},$$

die Gleichung der Fläche (1)

$$\left.\begin{aligned} &\alpha_1\cdot\frac{x_2x_3x_4z}{x_1}+\frac{\alpha_2\beta_2}{\beta_1}\cdot\frac{x_1x_3x_4z}{x_2}+\frac{\alpha_3\gamma_3}{\gamma_1}\cdot\frac{x_1x_2x_4z}{x_3}+\frac{\alpha_4\delta_4}{\delta_1}\cdot\frac{x_1x_2x_3z}{x_4} \\ &-\left(\frac{\alpha_1}{x_1}+\frac{\alpha_2}{x_2}+\frac{\alpha_3}{x_3}+\frac{\alpha_4}{x_4}\right)\left(\frac{1}{x_1}+\frac{\beta_2}{\beta_1}\cdot\frac{1}{x_2}+\frac{\gamma_3}{\gamma_1}\cdot\frac{1}{x_3}+\frac{\delta_4}{\delta_1}\cdot\frac{1}{x_4}\right)x_1x_2x_3x_4=0 \end{aligned}\right\}\ (1')$$

Digitized by Google

mithin sind die Coëfficienten von x_2, x_3, x_4 in der 1. Vertikalreihe gleich. Dividirt man mit diesem Coëfficienten, so werden die Elemente der 1. Vertikalreihe

$$0,\quad x_2 - \frac{\beta_2}{\beta_1} x_1,\quad x_3 - \frac{\gamma_3}{\gamma_1} x_1,\quad x_4 - \frac{\delta_4}{\delta_1} x_1.$$

Die Gleichung der Fläche nimmt sodann folgende Form an:

$$F = \begin{vmatrix} 0 & \frac{x_1}{\alpha_1} - \frac{x_2}{\alpha_2} & \frac{x_1}{\alpha_1} - \frac{x_3}{\alpha_3} & \frac{x_1}{\alpha_1} - \frac{x_4}{\alpha_4} \\ \frac{x_2}{\beta_2} - \frac{x_1}{\beta_1} & 0 & \frac{x_2}{\beta_2} - \frac{x_3}{\beta_3} & \frac{x_2}{\beta_2} - \frac{x_4}{\beta_4} \\ \frac{x_3}{\gamma_3} - \frac{x_1}{\gamma_1} & \frac{x_3}{\gamma_3} - \frac{x_2}{\gamma_2} & 0 & \frac{x_3}{\gamma_3} - \frac{x_4}{\gamma_4} \\ \frac{x_4}{\delta_4} - \frac{x_1}{\delta_1} & \frac{x_4}{\delta_4} - \frac{x_2}{\delta_2} & \frac{x_4}{\delta_4} - \frac{x_3}{\delta_3} & 0 \end{vmatrix} = 0 \qquad (3)$$

oder auch, wenn man die Vertikalreihen und auch die Horizontalreihen nach der Reihe mit x_1, x_2, x_3, x_4 dividirt

$$F = \begin{vmatrix} 0 & (\alpha_2' x_1') & (\alpha_3' x_1') & (\alpha_4' x_1') \\ (\beta_1' x_2') & 0 & (\beta_3' x_2') & (\beta_4' x_2') \\ (\gamma_1' x_3') & (\gamma_2' x_3') & 0 & (\gamma_4' x_3') \\ (\delta_1' x_4') & (\delta_2' x_4') & (\delta_3' x_4') & 0 \end{vmatrix} = 0, \qquad (3')$$

wo α', β', γ', x' für $\frac{1}{\alpha}$, $\frac{1}{\beta}$, $\frac{1}{\gamma}$, $\frac{1}{x}$ gesetzt ist. Diese Gleichung hat dieselbe Form, wie die Gleichung (I). Liegen also die beiden Tetraeder perspektivisch, sodass die Fläche F eine Hesse'sche Fläche wird, so wird die Gleichung (I) derselben nicht geändert, wenn man für alle Coordinaten ihre reciproken Werthe setzt, und dasselbe gilt natürlich auch von der entwickelten Gleichungsform (I').

Digitized by Google

7. Bei der perspektivischen Lage der beiden Tetraeder liegt jede Seitenfläche des einen Tetraeder perspektivisch zu der entsprechenden Seitenfläche des andern Tetraeder und die in diesen entsprechenden Seitenflächen der beiden Tetraeder liegenden Kanten schneiden sich mithin; ebenso liegen auch zwei entsprechende Trieder der beiden Tetraeder perspektivisch und ihre Kanten schneiden sich. Bei der perspektivischen Lage der beiden Tetraeder schneiden also die drei Kanten, welche durch eine Ecke gehen, wieder drei Kanten, welche durch eine Ecke gehen im anderen Tetraeder und drei Kanten in einer Ebene schneiden wieder drei Kanten in einer Ebene des anderen Tetraeders; und umgekehrt schneiden sich die Kanten zweier Tetraeder in dieser Weise, so sind die Tetraeder in perspektivischer Lage und die sechs Schnittpunkte liegen in der Collineationsebene. Es gibt aber noch eine andere, hievon wesentlich verschiedene, Lage zweier Tetraeder, deren Kanten sich schneiden; nämlich die beiden Tetraeder können so liegen, dass drei Kanten durch eine Ecke drei Kanten in einer Ebene und drei Kanten in einer Ebene drei Kanten durch eine Ecke schneiden. Bei dieser Lage sind die Tetraeder nicht perspektivisch gelegen; drei der sechs Schnittpunkte liegen auf einer Ebene des einen Tetraeders, und die drei anderen auf einer Ebene des anderen Tetraeders.

Diese Lage tritt ein, wenn sich folgende Kantenpaare des A-Tetraeders und C-Tetraeders schneiden:

$$\left.\begin{array}{llll}
\text{(III IV), d. i. (12) mit (I' II'),} & \text{Bedingung} & (\alpha_1 \beta_2) = 0 \\
\text{(13) „ (I' III'),} & \text{„} & (\alpha_1 \gamma_3) = 0 \\
\text{(14) „ (I' IV'),} & \text{„} & (\alpha_1 \delta_4) = 0 \\
\text{(23) „ (II' III'),} & \text{„} & (\beta_2 \gamma_3) = 0 \\
\text{(24) „ (II' IV'),} & \text{„} & (\beta_2 \delta_4) = 0 \\
\text{(34) „ (III' IV'),} & \text{„} & (\gamma_3 \delta_4) = 0
\end{array}\right\} \text{(b)}$$

Die sechs Bedingungsgleichungen sind in diesem Falle unabhängig von einander, so dass wir sechs Coordinaten

Digitized by Google

des A-Tetraeders durch die übrigen darstellen können und erhält man hiedurch folgendes Schema für die Coordinaten der Ecken des A-Tetraeder:

$$\left.\begin{array}{cccc} \alpha_1 & \alpha_2 & \alpha_3 & \alpha_4 \\ \beta_1 & \frac{\alpha_2\beta_1}{\alpha_1} & \beta_3 & \beta_4 \\ \gamma_1 & \frac{\alpha_2\alpha_3\beta_1\gamma_1}{\alpha_1^2\beta_3} & \frac{\alpha_2\gamma_1}{\alpha_1} & \gamma_4 \\ \delta_1 & \frac{\alpha_2\alpha_4\beta_1\delta_1}{\alpha_1^2\beta_4} & \frac{\alpha_3\alpha_4\gamma_1\delta_1}{\alpha_1^2\gamma_4} & \frac{\alpha_4\delta_1}{\alpha_1} \end{array}\right| \qquad (4)$$

Man kann daher die Ecke (α) beliebig wählen, die Ecke (β) auf einer bestimmten Ebene, die 3. Ecke (γ) auf einer bestimmten Geraden; dann ist aber auch die 4. Ecke vollkommen bestimmt, wie diess auch die geometrische Betrachtung leicht erkennen lässt.

8. Es ist nun leicht zu sehen, dass, wenn eine der Bedingungen (b) erfüllt ist, z. B. (12) die Kante (I′ II′) schneidet, die Gerade (12) ganz auf der Fläche F liegt. Denn projicirt man den Punkt 1 auf die Ebene I′ und den Punkt 2 auf II′ von irgend einem Punkt P der Geraden (12) aus, so fallen die Projektionspunkte Q_1, Q_2 in dem Schnittpunkt von (12) und (I′ II′) zusammen und folglich liegen die vier Punkte Q in einer Ebene. Sind mithin die Bedingungen (b) für 1, 2, 3, 4 Kanten des A-Tetraeders (von denen nicht drei durch eine Ecke gehen) erfüllt, so rücken diese Kanten auf die Fläche und man kann so Flächen mit 4 Knoten und resp. 11, 12, 13, 14 Gerade erzeugen. Andernfalls werden neue Knotenpunkte hinzutreten. Sind endlich die sechs Bedingungen (b) sämmtlich erfüllt, so enthält die Fläche F ausser dem C-Tetraeder auch das A-Tetraeder vollständig; die Ecken des letzteren werden neue Knotenpunkte derselben und die Fläche F hat also

Digitized by Google

n 8 Knoten und 16 Gerade.[1]) Die Gleichung dieser che nimmt, wenn man in (I) die Determinante in den rizontalreihen mit α_1, β_2, γ_3, δ_4 resp. dividirt und der rze halber

$$\frac{\alpha_2}{\alpha_1} = \varkappa_{12}, \quad \frac{\alpha_1}{\alpha_3} = \varkappa_{31}, \quad \frac{\alpha_4}{\alpha_1} = \varkappa_{14}$$
$$\frac{\beta_3}{\beta_2} = \varkappa_{23}, \quad \frac{\beta_4}{\beta_2} = \varkappa_{24}, \quad \frac{\gamma_4}{\gamma_3} = \varkappa_{34}$$

vobei β_2 und γ_3 aus dem Schema (4) entnommen werden önnen), ferner

$$\varkappa_{12}\mathrm{x}_1 - \mathrm{x}_2 = \mathrm{X}_{12}, \quad \varkappa_{31}\mathrm{x}_3 - \mathrm{x}_1 = \mathrm{X}_{31}, \quad \varkappa_{14}\mathrm{x}_1 - \mathrm{x}_4 = \mathrm{X}_{14}$$
$$\varkappa_{34}\mathrm{x}_3 - \mathrm{x}_4 = \mathrm{X}_{34}, \quad \varkappa_{24}\mathrm{x}_2 - \mathrm{x}_4 = \mathrm{X}_{24}, \quad \varkappa_{23}\mathrm{x}_2 - \mathrm{x}_3 = \mathrm{X}_{23}$$

etzt, vermöge der Relationen (1) folgende Form an

$$\mathrm{F} \equiv \begin{vmatrix} 0 & \mathrm{X}_{12} & -\frac{1}{\varkappa_{31}}\mathrm{X}_{31} & \mathrm{X}_{14} \\ -\frac{1}{\varkappa_{12}}\mathrm{X}_{12} & 0 & \mathrm{X}_{23} & \mathrm{X}_{24} \\ \mathrm{X}_{31} & -\frac{1}{\varkappa_{23}}\mathrm{X}_{23} & 0 & \mathrm{X}_{34} \\ -\frac{1}{\varkappa_{14}}\mathrm{X}_{14} & -\frac{1}{\varkappa_{24}}\mathrm{X}_{24} & -\frac{1}{\varkappa_{34}}\mathrm{X}_{34} & 0 \end{vmatrix} = 0 \qquad (5)$$

oder entwickelt, wenn

$$\mathrm{X}_{12}\mathrm{X}_{34} = \mathrm{Z}_1, \quad \mathrm{X}_{31}\mathrm{X}_{24} = \mathrm{Z}_2, \quad \mathrm{X}_{14}\mathrm{X}_{23} = \mathrm{Z}_3,$$

$$\frac{1}{\varkappa_{34}} + \frac{1}{\varkappa_{12}\varkappa_{31}\varkappa_{24}} = \lambda_{12}, \quad \frac{1}{\varkappa_{14}} + \frac{1}{\varkappa_{12}\varkappa_{23}\varkappa_{34}} = \lambda_{13}, \quad \frac{1}{\varkappa_{24}} + \frac{1}{\varkappa_{31}\varkappa_{14}\varkappa_{23}} = \lambda_{23},$$

1) Man bemerke, dass sich diese Fläche wesentlich unterscheidet von der in Nr. 4 erwähnten Fläche mit 8 Knoten, nicht nur durch die Anzahl der Geraden, sondern auch durch die Lage der Knoten, da bei letzterer Fläche alle Knoten auf den Kanten des C-Tetraeders liegen.

Digitized by Google

$$F \equiv \frac{1}{x_{12}x_{34}} Z_1^2 + \frac{1}{x_{21}x_{24}} Z_2^2 + \frac{1}{x_{14}x_{23}} Z_3^2 \qquad (5')$$
$$+ \lambda_{11} Z_1 Z_2 + \lambda_{12} Z_1 Z_3 + \lambda_{23} Z_2 Z_3 = 0.$$

Die Fläche ist mithin ein spezieller Fall einer Fläche 4. Ordnung, deren Gleichung aus den Gleichungen dreier Flächen 2. Ordnung quadratisch zusammengesetzt ist und welche demnach die 8 Schnittpunkte der drei Flächen 2. Ordnung zu Doppelpunkten hat.[1]) Diese Flächen 2. Ordnung zerfallen in unserem Falle in Ebenenpaare.

9. Indem wir nun einzelne Kantenpaare der beiden Tetraeder den Bedingungen (b) Nr. 7, andere den Bedingungen (a) Nr. 4, welche bei der perspektivischen Lage der beiden Tetraeder gelten, unterwerfen, können wir eine grosse Reihe verschiedener Flächen 4. Ordnung erhalten, indem dadurch theils einzelne Kanten des A-Tetraeder auf die Fläche fallen, andererseits neue Doppelpunkte auf derselben entstehen. Jedoch ist hiebei wohl darauf zu sehen, dass die Bedingungen auch verträglich seien. Hier gilt nun folgender Satz: „Sind 1, 2, 3, 4 die Ecken eines unebenen Vierecks und I' II' III' IV' die Ebenen eines zweiten unebenen Vierecks und es schneiden die Seiten (12), (23), (34), (41) die aufeinander folgenden Seiten (I II), (II' III'), . . des anderen, so kann zwar die Diagonale (13) des ersten Vierecks die Diagonale (I' III') des zweiten Vierecks schneiden oder die Diagonale (24) kann (II' IV') schneiden, oder es kann beides zusammen eintreffen; schneidet aber die Diagonale (13) die Diagonale (II' IV'), so schneiden sich auch nothwendig die Diagonalen (24) und (I' III') der beiden Vierecke." Der erste Theil dieses Satzes folgt aus der schon erwähnten Unabhängigkeit der Bedingungen (b), der zweite Theil folgt daraus, dass aus den Gleichungen

1) Cayley „On Quartic Surfaces". Proc. of the London Math. Soc. Vol. III. p. 19.

Digitized by Google

$$\alpha_1 \beta_2 = \alpha_2 \beta_1$$
$$\beta_2 \gamma_2 = \gamma_2 \beta_2$$
$$\gamma_2 \delta_4 = \gamma_4 \delta_2$$
$$\alpha_4 \delta_1 = \alpha_1 \delta_4$$

sofort folgt $\alpha_4 \gamma_2 \cdot \beta_2 \delta_1 = \alpha_2 \gamma_4 \cdot \beta_1 \delta_2$, sodass, wenn $\alpha_4 \gamma_2 = \alpha_2 \gamma_4$, auch $\beta_2 \delta_1 = \beta_1 \delta_2$ ist. Dies sind aber (Nr. 4) die Bedingungen, dass (13) und (II′ IV′), (24) und (I′ III′) sich schneiden.

10. Nichts hindert ferner, dass eine oder mehrere Kanten des A-Tetraeders je zwei gegenüberliegende Kanten des C-Tetraeders schneidet, wobei die betreffende Kante des A-Tetraeders zugleich auf die Fläche rückt und einen Knotenpunkt auf derselben veranlasst. Wir können hiedurch die zwei Tetraeder noch in nähere Verbindung bringen, als in den zwei schon betrachteten Fällen, in welchen jede Kante des einen Tetraeders je eine des anderen schneidet. Gehen wir von dem zweiten Falle aus, in welchem die sechs Bedingungen (b) des Nr. 7 gelten, und die zwei Tetraeder ganz auf der Fläche liegen. Es folgt dann sofort aus dem Satze im vorigen Nr., dass wenn eine der Kanten des A-Tetraeders zwei gegenüberliegende Seiten des C-Tetraeders schneidet, dies auch für die gegenüberliegende Kante des A-Tetraeders eintritt. Es tritt mithin hiedurch immer ein Paar von neuen Knotenpunkten auf der Fläche auf.

Nehmen wir z. B. an die Kante (12) schneide nicht nur die Kante (I′ II′), sondern zugleich (III′ IV′) des C-Tetraeders, so kommt die Bedingung $(\alpha_2 \beta_4) = 0$ hinzu; hiedurch ist $\beta_4 = \frac{\alpha_4 \beta_2}{\alpha_2}$ in dem System (4) Nr. 7 der Coordinaten der Ecken des A-Tetraeders zu setzen, und man ersieht, dass dann zugleich $\gamma_1 \delta_2 = \gamma_2 \delta_1$ wird, also zugleich auch (34) dieselben gegenüberliegenden Kanten (III′ IV′) und (I′ II′) schneidet. Die Fläche F hat dann 10 Knotenpunkte und 16 Gerade; indem die zwei Knotenpunkte (12, III′ IV′) und

Digitized by Google

(34, I′ II′) hinzugekommen; die Lage der 10 Knoten ist jedoch ganz wesentlich verschieden von der La 10 Knoten der Hesse'schen **Fläche (Nr. 5)**, bei welcher mal je 6 Knoten in einer **Ebene liegen.**

Kommt zu den vorigen Bedingungen noch die dingung $(\beta_1 \delta_3) = 0$ hinzu, so folgt aus den Coordina der Ecken des A-Tetraeders

$$\beta_1 \cdot \frac{\alpha_2 \alpha_4 \gamma_1 \delta_1}{\alpha_1^2 \gamma_4} = \beta_2 \delta_1 .$$

Diese Bedingung ist identisch mit $(\alpha_2 \gamma_4) = 0$; es schn dann auch die Kanten (24) und (13) die beiden gegen liegenden Kanten (I′ III′) und (II′ IV′) des C-Tetra Die Fläche F hat 12 Doppelpunkte und 16 Gerade zwei gegenüberliegende Kanten des einen und des ande Tetraeders, nämlich (14), (23) und (I′ IV′), (II′ III′), tra je zwei Knotenpunkte, die übrigen Kanten je drei. Coordinaten der Ecken des A-Tetraeders werden nun

α_1	α_2	α_3	α_4
β_1	$\frac{\alpha_2 \beta_1}{\alpha_1}$	β_3	$\frac{\alpha_4 \beta_3}{\alpha_3}$
γ_1	$\frac{\alpha_2 \alpha_3 \beta_1 \gamma_1}{\alpha_1^2 \beta_3}$	$\frac{\alpha_3 \gamma_1}{\alpha_1}$	$\frac{\alpha_3 \alpha_4 \beta_1 \gamma_1}{\alpha_1^2 \beta_3}$
δ_1	$\frac{\alpha_2 \alpha_3 \beta_1 \delta_1}{\alpha_1^2 \beta_3}$	$\frac{\beta_3 \delta_1}{\beta_1}$	$\frac{\alpha_4 \delta_1}{\alpha_1}$

11. Kommt endlich noch die Bedingung *hinzu*, dass die Kante (14) auch (II′ III′) schneide, so wird $(\alpha_2 \delta_3) = 0$. Diese Bedingung in das vorige System (6) der Coordinaten eingeführt, liefert die Gleichung

$$\frac{\alpha_3^2}{\beta_3^2} = \frac{\alpha_1^2}{\beta_1^2}$$

Digitized by Google

lamit wird dann auch die Bedingung $(\beta_1 \gamma_4) = 0$ erfüllt, die Gerade (23) schneidet auch (I′ IV′). Führt man in obiges Schema für $\frac{\alpha_3}{\beta_3}$ den Werth $-\frac{\alpha_1}{\beta_1}$ ein (für $+\frac{\alpha_1}{\beta_1}$, würden die vier Punkte 1, 2, 3, 4 zusammen-n), so ergeben sich für die Ecken des A-Tetraeders bei er engsten Verbindung der beiden Tetraeder die Coordinaten

$$\left.\begin{array}{llll} \alpha_1 & \alpha_2 & \alpha_3 & \alpha_4 \\ \beta_1 & \frac{\alpha_2\beta_1}{\alpha_1} & -\frac{\alpha_3\beta_1}{\alpha_1} & -\frac{\alpha_4\beta_1}{\alpha_1} \\ \gamma_1 & -\frac{\alpha_2\gamma_1}{\alpha_1} & \frac{\alpha_3\gamma_1}{\alpha_1} & -\frac{\alpha_4\gamma_1}{\alpha_1} \\ \delta_1 & -\frac{\alpha_2\delta_1}{\alpha_1} & -\frac{\alpha_3\delta_1}{\alpha_1} & \frac{\alpha_4\delta_1}{\alpha_1} \end{array}\right\} \qquad (7)$$

er auch

$$\begin{array}{llll} \alpha_1 & \alpha_2 & \alpha_3 & \alpha_4 \\ \alpha_1 & \alpha_2 & -\alpha_3 & -\alpha_4 \\ \alpha_1 & -\alpha_2 & \alpha_3 & -\alpha_4 \\ \alpha_1 & -\alpha_2 & -\alpha_3 & \alpha_4 \end{array}$$

Man sieht, dass in diesem Falle die besondere Lage der iden Tetraeder eintritt, welche man auch die „desmische" enannt hat, und dass diese Lage eben dadurch bedingt ist, ass jede Kante des einen Tetraeders je zwei gegenüber-egende des andern schneidet. Es sind in diesem Falle die wölf Bedingungen (a) Nr. 4 und (b) Nr. 7 erfüllt; gleich-ohl ist, wenn die Lage des einen Tetraeders gegeben ist, ie Lage des anderen Tetraeders noch in soweit willkürlich ls ein Eckpunkt beliebig gewählt werden kann; die anderen ind dann vollkommen bestimmt. Diess hat eben darin seinen Grund, dass, wie wir (Nr. 9) sahen, wenn die sechs Be-lingungen (b) erfüllt sind und noch drei der Bedingungen (a)

Digitized by Google

auch die übrigen erfüllt sind, sodass wenn das C-Te... gegeben ist, die Coordinaten der Ecken des A-Te... nur 9 Bedingungen zu erfüllen haben, damit die des... Lage der zwei Tetraeder eintrete.

Wir gelangen zu demselben Resultat, wenn wir... perspektivischen Lage der zwei Tetraeder ausgeh... Anzahl der Bedingungen aufsuchen, die nöthig sind... die desmische Lage eintrete. Man beweist nämlich... den Satz: „Wenn von 4 Kanten des einen Tetra... ein unebenes Viereck bilden, z. B. (12), (34), (1... drei je zwei gegenüberliegende Seiten des anderen Te... schneiden, so wird auch die vierte Kante (24), wenn... Kante (I′ III′) schneidet, auch die gegenüberliegende... schneiden und umgekehrt.“ Es folgt daraus auch:... die zwei Tetraeder perspektivisch liegen und drei E... durch einen Punkt (oder in einer Ebene) und noch... vierte Kante des einen Tetraeders schneiden auch... gegenüberliegenden Seiten des anderen Tetraeders, ... dasselbe auch für die zwei übrigen Kanten statt.“ Es... mithin noch vier Bedingungen zu den Bedingungen (a... welche, wie wir sahen, nur für fünf Bedingungen... hinzutreten, um die desmische Lage der Tetraeder h... zubringen.

12. Die Fläche, welche durch die zwei Tetraeder, ... sie in desmischer Lage sich befinden, erzeugt wird, ha... Knotenpunkte und 16 Gerade. Sie ist, wie sogleich er... lich, die Hesse'sche Fläche einer Fläche 3. Ordnung... vier Knotenpunkten. Das A-Tetraeder bildet das Knote... tetraeder der Fläche 3. Ordnung, das C-Tetraeder in Ve... bindung mit der Ebene des perspektivischen Durchschnitt... d. i. der vier Geraden g, das Pentaeder der Hesse'schen Fläche...

Die Fläche gehört aber auch zu den in Nr. 8 behan... delten Flächen; daher kommt es, dass ihre Gleichung, wie be... kannt, sowohl in der Form (1) Nr. 5 als auch in der Form (...

Digitized by Google

Nr. 8 geschrieben werden kann. Nehmen wir z. B. für die Coordinaten der Ecken des A-Tetraeders (Nr. 11)

$$\begin{matrix} -1 & 1 & 1 & 1 \\ 1 & -1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & -1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 & -1 \end{matrix}$$

so ergibt sich für die Gleichung der Fläche, als Hesse'sche Fläche (1) Nr. 5

$$x_2 x_3 x_4 z + x_1 x_3 x_4 z + x_1 x_2 x_4 z + x_1 x_2 x_3 z - 4 x_1 x_2 x_3 x_4 = 0,$$

wo

$$z = x_1 + x_2 + x_3 + x_4;$$

während sich nach (5) Nr. 8 die Gleichung der Fläche in der Form ergibt

$$Z_1^2 + Z_2^2 + Z_3^2 - 2 Z_1 Z_2 - 2 Z_1 Z_3 - 2 Z_2 Z_3 = 0$$

oder auch

$$\sqrt{Z_1} + \sqrt{Z_2} + \sqrt{Z_3} = 0,$$

wo

$Z_1 = (x_1 + x_2)(x_3 + x_4)$, $Z_2 = (x_1 + x_3)(x_2 + x_4)$, $Z_3 = (x_1 + x_4)(x_2 + x_3)$.

18. Da die beiden Tetraeder mit ihrem perspektivischen Durchschnitt die Fläche F vollkommen bestimmen, so ersieht man, dass, wenn bei der geometrischen Construktion der Fläche die beiden Tetraeder ihre Rolle vertauschen, die Fläche ungeändert bleibt, aber sie ist dann die Hesse'sche Fläche einer anderen Fläche 3. Ordnung, für welche das C-Tetraeder das Tetraeder der Knotenpunkte ist, während das A-Tetraeder nun zum Pentaeder der Hesse'schen Fläche gehört. Die Hesse'sche Fläche einer Fläche 3. Ordnung mit vier Knotenpunkten ist also zugleich Hesse'sche Fläche von zwei solchen Flächen 3. Ordnung.[1]) Diese beiden Flächen 3. Ordnung

1) Dies hat schon Eckardt (Math. Ann. V. S. 41), aus der analytischen Form, in welche er die Gleichung einer solchen Hesse'schen Form gebracht, geschlossen.

Digitized by Google

haben ihre drei unären Geraden gemeinsam, nämlich
Diagonalen des perspektivischen Durchschnitts der zw
eder, oder also des Vierseits gebildet aus den vier Ge

Wenn nun zwei Tetraeder A und C sich in de
Lage befinden, so haben sie, wie bekannt, die merk
Eigenschaft, dass sie in vierfacher Weise perspektivis
Die vier Centren und die vier zugehörigen Collineatio
bilden die Ecken und Seitenflächen eines dritten Te
(es mag das B-Tetraeder heissen), welches mit den
Tetraedern A und C im Bunde ist und zu jedem de
in derselben Weise liegt, wie die beiden ersten zu e

Diesen vier perspektivischen Beziehungen entspr
erhalten wir also bei desmischer Lage der zwei Te
A und C vier solche Flächen 4. Ordnung mit 14 K
punkten, die alle die zwei Tetraeder A und C ganz en
während bei dem Uebergang von der ursprünglich
spektivischen Beziehung zu einer der drei anderen sic
Ebene des perspektivischen Durchschnitts um je ei
Diagonalen dieses Durchschnitts dreht und eine ander
des B-Tetraeders bildet. Zu diesen vier Hesse'schen Fl
gehören sodann acht Flächen 3. Ordnung, von welche
das A-Tetraeder, vier das C-Tetraeder zum Knotentetra
haben und deren unäre Geraden die Kanten des B-Tetra
bilden, indem die drei in einer Seitenfläche liegenden Ka
als unäre Geraden zu je zweien dieser Flächen 3. Ord
gehören.

Digitized by Google

Verzeichniss der eingelaufenen Druckschriften

Januar bis Juni 1888.

Die verehrlichen Gesellschaften und Institute, mit welchen unsere Akademie in Tauschverkehr steht, werden gebeten, nachstehendes Verzeichniss zugleich als Empfangsbestätigung zu betrachten. — Die zunächst für die philosophisch-philologische Classe bestimmten Druckschriften sind in deren Sitzungsberichten 1888 Bd. II Heft 1 verzeichnet.

Von folgenden Gesellschaften und Instituten:

K. Akademie der Wissenschaften in Amsterdam:

Verdeeling der warmte over de aarde, door C. H. D. Buys Ballot. 1888. 4°.

Naturwissenschaftlicher Verein in Augsburg:

29. Bericht 1887. 8°.

Johns Hopkins University in Baltimore:

American chemical Journal. Vol. X. Nr. 1. 2. 1888. 8°.
American Journal of Mathematics. Vol. X. Nr. 2. 1888. 4°.
Circulars. Vol. VII. Nr. 60—65. 1887—88. 4°.
Studies. 5 Series. Nr. 12. 1887. 8°.

Kgl. natuurkundige Vereeniging in Batavia:

Natuurkundige Tijdschrift voor Nederlandsch-Indië. Deel 47. 1888. 8°.

Meteorological Observatory in Batavia:

Regenwaarnemingen. 8. Jaargang 1886. 1887. 8°.
Observations made at the Observatory. Vol. IX. 1886. 1887. Fol.

Commission für die Beobachtung des Venusdurchgangs in Berlin:

Die Venusdurchgänge 1874 und 1882. Bd. III. 1888. 4°.

Digitized by Google

Deutsche chemische Gesellschaft in Berlin:

Berichte. 20. Jahrg. Nr. 18 u. 19. **21. Jahrg.** Nr. 1—10. 188[illegible]

Deutsche geologische Gesellschaft in Berlin:

Zeitschrift. Bd. XXXIX. Heft 3 und 4. 1888. 8°.

Medicinische Gesellschaft in Berlin:

Verhandlungen aus d. Jahre 1887. **Bd. XVIII.** 1888. 8°.

Physiologische Gesellschaft in Berlin:

Centralblatt für Physiologie 1887 Nr. **21—26** a u. b. 1888 Nr. 1—
Verhandlungen. Jahrg. 1887/88. Nr. **4—12.** 1887—88. 8°.

K. meteorologisches Institut in Berlin:

Ergebnisse der meteorologischen Beobachtungen im J. 1885. 1[illegible]

K. Geolog. Landesanstalt und Bergakademie in Berlin:

Jahrbuch f. d. J. 1886. 1887. gr. 8°.

Verein zur Beförderung des Gartenbaues in den K. Preuss. S[illegible] in Berlin:

Gartenflora. Zeitschrift für Garten- und Blumenkunde. Jahrg. 188[illegible]

Zeitschrift für Instrumentenkunde in Berlin:

Zeitschrift. 8. Jahrg. 1888. Heft 2—6. gr. 8°.

Allgem. Schweizerische Gesellschaft für die gesammten Naturwissenschaften in Bern:

Neue Druckschriften. Bd. XXX. Abth. 1. Basel 1888. 4°.

Schweizerische naturforschende Gesellschaft in Bern:

Mittheilungen. Jahrg. 1887. Nr. 1169—1194. 1888. 8°.
Verhandlungen. 70. Jahresversammlung 1887. Frauenfeld 1887.
Compte rendu des travaux de la 70. session de la société helvét. des sciences naturelles. Génève 1887. 8°.

Schweizerische geologische Kommission in Bern:

Beiträge zu einer geologischen Karte der Schweiz. Lief. XXII. Text und Atlas und Mayer-Eymar, Palaeontol. Beilage zu Lief. XXI[illegible] 1887. 4°.

Museum in Bergen:

M. Sars, J. Koren og D. C. Danielssen, Fauna littoralis Norvegiae. Liv. 2. 1856. Fol.
J. Koren und D. C. Danielssen Fauna littoralis Norvegiae. Livr. III. 1877. Fol.
Olaf S. Jensen, Turbellaria ad litora Norvegiae occidentalia. 1878. Fol.

Digitized by Google

Joh. Koren og D. C. Danielssen, Nye Alcyonider, Gorgonider og Pennatulider. 1883. Fol.
Fridjof Nansen, Myzostomernes Anatomi. 1885. Fol.

Naturhistorischer Verein der preussischen Rheinlande in Bonn:

Verhandlungen. 44. Jahrg. 2. Hälfte. 1887. 8°.

Société de géographie commerciale in Bordeaux:

Bulletin. 1887 Nr. 24. 1888 Nr. 1—12. 1887—88. 8°.

Société des sciences physiques et naturelles in Bordeaux:

Mémoires. 3e Sér. Tom. 3, cahier 1. 2.
Observations pluviométriques. 1885—1886. 1886. 8°.

American Academy of Arts and Sciences in Boston:

Proceedings. N. Ser. Vol. XIV. (= Whole Ser. Vol. XXII.) Part. 2. 1887. 8°.
Memoirs. Vol. XI. part 5 Nr. 6. Cambridge 1887. 4°.

Boston Society of Natural history in Boston:

Memoirs. Vol. IV. Nr. 1—4. 1886—87. 4°.

Naturwissenschaftlicher Verein in Bremen:

Abhandlungen. Bd. X. Heft 1. 2. 1888. 8°.

Naturforschende Gesellschaft in Brünn:

Verhandlungen. Band XXV. 1886. 1887. 8°.
5. Bericht der meteorologischen Commission. 1887. 8°.

Académie R. de médecine in Brüssel:

Bulletin. IV. Ser. Tom. I. Nr. 11. Année 1887. Tom. II. Nr. 1—5. Année 1888. 8°.
Mémoires des concours et des savants étrangers. Tom. VIII. Fasc. 2. 3. 1888. 4°.

Société Royale malacologique de la Belgique in Brüssel:

Procès-verbaux 1887. p. LXXXI—CXLI. 8°.

Société entomologique de Belgique in Brüssel:

Table générale des Annales. Tom. 1—XXX. 1887. 8°.

Institut météorologique de Roumanie in Bukarest:

Annales. Tom. II. 1886. 1888. 4°.

K. Ungarische Akademie der Wissenschaften in Budapest:

Mathematische und naturwissenschaftliche Berichte aus Ungarn. Bd. V. (Juni 1886—Juni 1887.) 1887. 8°.

Digitized by Google

K. Ungarische geologische Anstalt in Budapest:

Földtani Közlöny. Bd. XVII. Heft 7—12. 1887. 8°.
Ueber ungarische Porzellanerden v. L. Petrik. 1887. 8°.
Geologische Aufnahmen. 4 Karten, bezeichnet D. 5. E. 6. 17 und 18 XXVIII. 1888. Fol.

Instituto y Observatorio di marina de San Fernando in

Anales. Seccion 2ª. Observaciones meteorológicas. Anno 1886.

Meteorological Department of the Government of India in

Meteorological Observations. July—December 1887 und
Report on the Administration in 1886—87. 1887. Fol.
Cyclone Memoirs. Part I. 1888. 8°.
Indian Meteorological Memoirs. Vol. III. part 2. 1887. Fol.

Geological Museum in Calcutta:

Records of the Geological Survey of India. Vol. XX.
Vol. XXI. Part 1. 1887—88. 4°.

Indian Museum in Calcutta:

A Catalogue of the Moths of India, by E. C. Cotes. Part II.

Philosophical Society in Cambridge:

Proceedings. Vol. VI. Part 3. 1888. 8°.

Museum of comparative Zoölogy in Cambridge, Mass.:

Bulletin. Vol. XIII. Nr. 6—8. Vol. XVI. Nr. 1. 1887—88. 8°.
Memoirs. Vol. XV. 1887—88. 4°.

Astronomical Observatory of Harvard College in Cambridge, M

Annals. Vol. XIII. Part 2. 1888. 4°.
Henry Draper Memorial. Second annual Report of the photogra
Study of Stellar spectra, by Edw. C. Pickering. 1888.

K. Sächsisches meteorologisches Institut in Chemnitz:

Jahrbuch. III. Abtheilung des Jahrganges IV. 1886. 1888. 4°.

Observatory in Cincinnati:

Publications. Nr. 9. Zone Catalogue of 4050 Stars. 1888. 4°.

Chemiker Zeitung in Cöthen:

Chemiker Zeitung. 1887. Nr. 103. 104. 1888. Nr. 1—26. Fol.

Academia nacional de ciencias in Cordoba (Rep. Argent.):

Boletin. Tomo X. entr. 1. Buenos Aires 1887. 8°.

Digitized by Google

Naturforschende Gesellschaft in Danzig:

Die prähistorischen Denkmäler der Provinz Westpreussen von A. Lissauer. Leipzig 1887. 4°.
Schriften. N. F. Bd. VII. Heft 1. 1888. 8°.

École polytechnique in Delft:

Annales. Tom. III. livr. 4. Leide 1888. 4°.

Colorado Scientific Society in Denver:

Proceedings. Vol. I u. II, 1. 1884—86. 8°.

Naturforschende Gesellschaft bei der Universität Dorpat:

Schriften. IV. 1888. 4°.

Union géographique du Nord de la France in Douai:

Bulletin. Tom. 8. Mars—Octob. 1887. 8°.

Observatory of Trinity College in Dublin:

Astronomical Observations. Part VI. 1887. 4°.

Botanical Society in Edinburgh:

Transactions and Proceedings. Vol. XVII. Part 1. 1887. 8°.

Royal Physical Society in Edinburgh:

Proceedings. Session 1886—87. 1887. 8°.

Reale Accademia dei Georgofili in Florenz:

Atti. 4. Serie. Vol. X. disp. 3. 4. Vol. XI. disp. 1. 1887—88. 8°.

Senckenbergische naturforschende Gesellschaft in Frankfurt a/M.:

Abhandlungen. Bd. XV. Heft 1. 2. 1887—88. 4°.

Naturwissenschaftl. Verein des Reg.-Bez. Frankfurt in Frankfurt a/O.:

Monatliche Mittheilungen. 5. Jahrg. 1887/88. Nr. 7—12. 8°.
Societatum Litterae. 1887. Nr. 12. 1888. Nr. 1—4. 8°.

Société de physique et d'histoire naturelle in Genf:

Mémoires. Tom. XXIX. Part 2. 1886—87. 4°.

Museo Civico di storia naturale in Genua:

Annali. Ser. II. Vol. 3—5. 1886 88. 8°.

K. Gesellschaft der Wissenschaften in Göttingen:

Nachrichten 1887. Nr. 15—21. 1888. Nr. 1—7. 1887—1888. gr. 8°.

Naturwissenschaftlicher Verein in Greifswald:

Mittheilungen. 19. Jahrgang 1887. Berlin 1888. 8°.

Digitized by Google

Leopoldinisch-Carolinische deutsche Akademie der Naturf. in Halle:

Leopoldina. Heft XXIII. Nr. **21—24.** Heft XXIV. Nr. 1887—88. 4°.

Naturwissenschaftlicher Verein für Sachsen und Thüringen in Halle a/S.:

Zeitschrift für Naturwissenschaften. **Bd. 60.** Heft 3—6. 1887.

Gesellschaft für Botanik in Hamburg:

Berichte. Heft I—III. 1886—87. 8°.

Naturwissenschaftlicher Verein in Hamburg:

Abhandlungen aus dem Gebiete **der Naturwissenschaften.** X. 1887. 4°.

Naturhistorische Gesellschaft zu Hannover:

34 - 37. Jahresbericht für die Jahre **1883—87.** 1888. 8°.

Société Hollandaise des sciences in Harlem:

Oeuvres complètes de Christiaan **Huygens. Tom. I.** La Haye 18[illegible]

Siebenbürgischer Verein für Naturwissenschaften in Hermannstadt:

Verhandlungen und Mittheilungen. **36. Jahrg.** *1886.* 8°.

Naturwissenschaftlich-medicinischer Verein in Innsbruck:

Berichte. 16. Jahrg. 1886/87. 1887. 8°.

Medicinisch-naturwissenschaftliche Gesellschaft in Jena:

Jenaische Zeitschrift für Naturwissenschaft. N. F. Bd. 14. Heft 3. 1887. 8°.

Naturwissenschaftlicher Verein für Schleswig-Holstein in Kiel:

Schriften. Bd. VII. Heft 1. 1888. 8°.

Siebenbürgische Museumsgesellschaft in Klausenburg:

Orvos-természettudományi Értesitö. (Medicinisch-naturwissenschaftliche Mittheilungen). 1879—1887. 70 Hefte. 8°.
Jahrgang 1888: 1. Aerztlicher Theil. Heft 1.
2. Naturwissenschaftlicher Theil. Heft 1.
3. Populärer Theil. Heft 1. 2.
Az Erd. Muzeum-egylet évkönyvei. (Jahrbücher der siebenbürgischen Museumsgesellschaft). 1874—1878. 15 Hefte. 8°.
Publicationen. 1887 Nr. 1. 1887. 8°.

Digitized by Google

K. Akademie der Wissenschaften in Kopenhagen:

ter. Naturvid. Afdel. Vol. IV. Nr. 4—7. 1887/88. 4°.

Akademie der Wissenschaften in Krakau:

iętnik (Abhandlungen). Mathem.-physik. Classe. Bd. XIII. 1887. 4°.
prawy (Sitzungsberichte). Mathem.-physik. Classe. Bd. 15. 16. 1887. 8°.
ropologija. Tom. XI. 1887. 8°.

Société Vaudoise des sciences naturelles in Lausanne:

letin. 3e Série. Vol. 23. Nr. 97. 1888. 8°.

Archiv der Mathematik und Physik in Leipzig:

chiv. II. Reihe. Theil 6. Heft 1. 1887. 8°.

Astronomische Gesellschaft in Leipzig:

erteljahresschrift. 22. Jahrg. Heft 4. 1887. 8°.

K. Sächsische Gesellschaft der Wissenschaften in Leipzig:

bhandlungen der math.-phys. Classe. Bd. XIV. Nr. 5—8. 1887—88. gr. 8°.
erichte der math.-phys. Classe. 1887. Nr. 1. 2. 1887. 8°.

Journal für praktische Chemie in Leipzig:

ournal. N. F. Bd. 36. Heft 9—11. Bd. 37. Heft 1—9. 1887. 8°.

Royal Asiatic Society in London:

The Journal. N. Serie. Vol. XX. Part. 1. 2. 1888. 8°.

R. Astronomical Society in London:

Monthly Notices. Vol. 48. Nr. 2—7. 1887—88. 8°.
Memoirs. Vol. 49. Part 1. 1888. 4°.

Chemical Society in London:

Journal. January—June 1888. Nr. 302—307. 8°.
Abstracts of the Proceedings. Session 1888—89. Nr. 53—55. 1888. 8°.

Geological Society in London:

The quarterly Journal. Vol. 43. Part 1—4 (Nr. 167—172). 1887. 8°.
List of Members, 1. Nov. 1887. 8°.

Medical and Chirurgical Society in London:

Medico-chirurgical Transactions. Vol. 70. 1887. 8°.

Royal Microscopical Society in London:

Journal. 1888. Part 1—3. 1887. Supplementary Number. 1888. 8°.

Digitized by Google

Royal Society in London:

Proceedings. Vol. 43. Nr. 260—265. Vol. 44. Nr. 266. 267.

Zoölogical Society in London:

Transactions. Vol. XII. Part 7. 1888. 4°.
Proceedings. 1887. Part 4. 1888. Part 1. 1888. 8°.

Zeitschrift „Nature" in London:

Nature. Vol. 37. Nr. 944—974. 1887—88. 8°.

Société Royale des Sciences in Lüttich:

Mémoires. II. Série. Tom. 14. Bruxelles 1888. 8°.

Real Academia de ciencias exactas in Madrid:

Anuario. 1888. 8°.
Memorias. Vol. XII. XIII, 1. 1887. 4°.

Reale Osservatorio di Brera in Mailand:

Pubblicazioni. Nr. VI. 1875. Fol. Nr. XXVII. 1885. Fol. Nr.
1887. 4°.

Société d'histoire naturelle in Metz:

Bulletin. 2e Série. cahier 16. 17. 1884—87. 8°.

Sociedad de historia natural in Mexico:

La Naturaleza. II. Ser. Tom. I. Nr. 1. 2. 1887. Fol.

Società dei Naturalisti in Modena:

Atti. Memorie. Vol. VI. Anno XXI. 1887. 8°.
Atti. Rendiconti. Ser. III. Vol. III. p. 49—128. 1888. 8°.

Académie des sciences et lettres in Montpellier:

Mémoires. Section des sciences. Tom. XI, 1. 1887. 4°.

Geological and Natural History Survey of Canada in Montreal:

Catalogue of Canadian Plants. Part III. Apetalae. By John Macoun.
1886. 8°.

Société Impériale des Naturalistes in Moskau:

Bulletin. Année 1887. Nr. 4. Année 1888. Nr. 1. 1887—88. 8°.
Meteorologische Beobachtungen. 1887. I. Hälfte. 4°.

Statistisches Bureau der Stadt München:

Mittheilungen. Bd. IX. Heft 3. 1888. 4°.

Deutsche Gesellschaft für Anthropologie in Berlin und München:

Correspondenzblatt. 1888. Nr. 5. München 4°.

Digitized by Google

Société des sciences in Nancy:

Bulletin. Ser. II. Tom. 8. Fasc. 20. Paris 1887. 8°.

Zoologische Station in Neapel:

Mittheilungen. Bd. VII. Heft 3. 4. Bd. VIII. Heft 1. 1887—88. 8°.

Institute of Engineers in Newcastle-upon-Tyne:

Transactions. Vol. 37. Part II. III. IV. 1888. 8°.

American Journal in New-Haven:

The American Journal of science. Vol. 34. Nr. 203—205. Vol. 35. Nr. 206—209. 1887—88. 8°.

Academy of Sciences in New-York:

Transactions. Vol. IV. 1884—85. Vol. VI. 1886—87. Vol. VII, 1 u. 2. 1886—87. 8°.
Annals. Vol. 4. Nr. 3. 4. 1888. 8°.

American geographical Society in New-York:

Bulletin. Vol. XIX. Nr. 4 u. Supplement. 1887. Vol. XX. Nr. 1. 1888. 1887—88. 8°.

Neurussische naturwissenschaftliche Gesellschaft in Odessa:

Sapiski. Tom. XII. Heft 2. 1888. 8.

Verein für Naturkunde in Offenbach:

26—28. Bericht 1884—87. 1888. 8°.

Radcliffe Observatory in Oxford:

Results of Observations made in the year 1884. Vol. 42. 1887. 8°.

Società Veneto-Trentina di scienze naturali in Padua:

Atti. Vol. XI. Fasc. 1. 1888. 8°.

Circolo matematico in Palermo:

Rendiconti. Tom. I. 1884—1887. Tom. II. Fasc. 1. 2. 3. 1887—88. 8°.

Académie de médecine in Paris:

Bulletin. 1888. Nr. 1—26. 8°.

Académie des sciences in Paris:

Comptes rendus. Tom. 106. Nr. 1—26. 1888. 4°.
Bulletin. 3. Série. Tom. 15. Nr. 1. 1888. 8°.
Mission scientifique du Cap Horn. Tom. IV. Géologie. Tom. VI. Zoologie. Arachnides. 1887. 4°.

Digitized by Google

Moniteur scientifique in Paris:

Moniteur scientifique. Livr. 554—559. Févr.—Juillet 1888. gr. 8°.

Revue internationale de l'électricité in Paris:

Revue. 4e Année. Tom. VI. Nr. 49—60. 1888. gr. 8°.

Société d'anthropologie in Paris:

Bulletins. 3e Série. Tom. X. Fasc. 3. 4. 1887. 8°.
Mémoires. 2e Sér. Tom. III. Fasc. 3. 4. 1888. 8°.

Société de géographie in Paris:

Compte rendu. 1888. Nr. 1—4. 9—12. 1888. 8°.
Bulletin. 1887. 4e trimestre. 1887. 8°.

Société mathématique de France in Paris:

Bulletin. Tom. XI—XV. 1883—87. 8°.

Société zoologique de France in Paris:

Bulletin. Vol. II. Part. 2—4. 1887. 8°.

Botanischer Garten in Petersburg:

Acta horti Petropolitani. Tom. X. Fasc. 1. 1887. 8°.

Chemisch-physikalische Gesellschaft an der Kais. Universität in Petersburg:

Schurnal. Tom. XIX. Heft 9. Tom. XX. Heft 1—4. 1887—88.

Russische geographische Gesellschaft in Petersburg:

Beobachtungen der Russischen Polarstation an der Lena-Mündung. Bd. II, 2. 1883—84. 1887. 4°.

Physikalisches Central-Observatorium in Petersburg:

V. Supplementband zum Repertorium für Meteorologie, mit Atlas. 1887. 4°.
Annalen. Jahrg. 1886. Theil II. 1887. 8°.

Academy of natural sciences in Philadelphia:

Proceedings. 1887. Part III. 1888. Part I. 1887—88. 8°.

American Pharmaceutical Association in Philadelphia:

Proceedings. 35th annual Meeting at Cincinnati, Septb. 1887. 8°.

American Philosophical Society in Philadelphia:

Proceedings. Vol. XXIV. Nr. 126. 1887. 8°.

Second Geological Survey of Pennsylvania in Philadelphia:

Annual Report for 1886. Parts 1—3 with Atlas. 1887. 8°.
Western Middle Anthracit Field. Atlas, part II. 1887. 8°.
Bucks and Montgomery Counties. Atlas. C. 7. 1887. 8°.

Digitized by Google

Società Toscana di scienze naturali in Pisa:

·ocessi verbali. Vol. VI. p. 1—36. 1887—89. 8°.

K. *Böhmische Gesellschaft der Wissenschaften in Prag:*

poctěnych jubilejní (Mathem. Jubiläums-Schriften). Nr. 1. 1888. 8°.

Verein für Natur- und Heilkunde in Presburg:

ndlungen. N. F. Heft 5. 6. 1884—87. 8°.

Sternwarte in Pulkowa:

:vations de Poulkova publiées par Otto Struve. Vol. XII. S. Petersburg 1887. 4°.
ı Ephemeriden auf d. J. 1888 von W. Döllen. S. Petersburg 1887. 8°.
esbericht des Directors der Sternwarte. St. Petersburg 1887. 8°.

Accademia Pontificia de' Nuovi Lincei in Rom:

ı. Anno 38. Sessione 5—7. 1886. 4°.

R. Comitato geologico d'Italia in Rom:

ılettino. 1887. Nr. 9—12. 1888. Nr. 1—4. 1887—88. 8°.

Ministero della pubblica Istruzione in Rom:

·r la edizione nazionale delle opere di Galileo Galilei, esposizione e disegno di Antonio Favaro. Firenze 1888. gr. 8°.

American Association for the Advancement of science in Salem:

'roceedings. 36th Meeting held at New-York. August 1887. 1888. 8°.

Naturwissenschaftliche Gesellschaft in Sanct Gallen:

Bericht über die Thätigkeit im J. 1885/86. 1887. 8°.

California Academy of sciences in San Francisco:

Bulletin. Vol. II. Nr. 8. 1888. 8°.
Memoirs. Vol. II. Nr. 1. 1888. 4°.

Lick Observatory in San José, California:

Publications of the Lick Observatory of the University of California. Vol. I. Sacramento. 1887. 4°.

Deutscher wissenschaftlicher Verein zu Santiago in Chile:

Mittheilungen. Heft 5. Valdivia 1887. 8°.
Verhandlungen. Heft 6. Santiago 1888. 8°.

Digitized by Google

Société des Sciences in Strassburg:

Bulletin mensuel. Tom. 21. Fasc. 12. Tom. 22. Fasc. 1—6. 1887—88. 8°.

Department of Mines of New-South-Wales in Sydney:

Annal Report of the Department of Mines for the year 1886. 1887. Fol.

Geology of the vegetable creek tin-mining Field, New-England District, New-South-Wales, by T. W. Edgeworth David. 1887. 4°.

Royal Society of New-South-Wales in Sydney:

Journal and Proceedings for 1886. Vol. XX. XXI. 1887/88. 8°.

Physikalisches Observatorium in Tiflis:

Meteorologische Beobachtungen. Jahr 1886. 1888. 8°.

Kaiserliche Universität in Tokyo (Japan):

The Calendar for the year 1887—88. 1888. 8°.
Mittheilungen aus der medicinischen Fakultät. Bd. I. Nr. 2. 1888. 4°.
College of Science. Journal. Vol. II. Part. 1. 1888. 4°.

Canadian Institute in Toronto:

Annual Report. Session 1886—87. 1888. 8°.
Proceedings. 3. Series. Tom. V. Fasc. 2. 1888. 8°.

Zeitschrift „der Naturforscher" in Tübingen:

Der Naturforscher. XXI. Jahrg. 1888. Nr. 3—10. 12—28. 4°.

Universität in Upsala:

Bulletin mensuel de l'observatoire météorologique. Vol. XIX. Année 1887. 1887—88. 8°.

Institut Royal météorologique des Pays-Bas in Utrecht:

Nederlandsch meteorologisch Jaarboek voor 1887. 1888. 4°.

Superintendent of the Nautical Almanac in Washington:

Report for the year ending June 30. 1887. 8°.

Smithsonian Institution in Washington:

Miscellaneous Collections. Vol. XXXI. 1888. 8°.

United States Naval Observatory in Washington:

Observations made in the year 1883. 1887. 4°.

Signal Office, War Department, in Washington:

Annual Report of the Chief Signal Officer of the Army for the year 1886. 1886. 8°.

Digitized by Google

Surgeon-general's Office in Washington:

Index-Catalogue. Vol. VIII. 1887. gr. 8°.

United States Geological Survey in Washington:

Mineral Resources of the United States for 1886. 1887. 8°.

K. K. geologische Reichsanstalt in Wien:

Jahrbuch. Bd. 37. Heft 2. 1888. 4°.
Abhandlungen. Bd. XI. Abth. 2. 1887. Fol.
Verhandlungen. 1887. Nr. 9—18. 1888. Nr. 1—8. 4°.

Central-Anstalt für Meteorologie und Erdmagnetismus in Wien:

Jahrbücher. Jahrg. 1886. N. F. Bd. XXIII. 1887. 4°.

Anthropologische Gesellschaft in Wien:

Mittheilungen. Bd. XV. Heft 4. Bd. XVII. Heft 3. 4. Bd. XVIII. Heft 1. 1885—88. 4°.

K. K. Gesellschaft der Aerzte in Wien:

Medizinische Jahrbücher. Jahrg. 1887 Heft 10. Jahrg. 1888 Heft 1. 2. 1887—88. 8°.

Geographische Gesellschaft in Wien:

Mittheilungen. 1887. Bd. XXX. 8°.

Zoologisch-botanische Gesellschaft in Wien:

Verhandlungen. 27. Band. 3. und 4. Quartal. 1887. 8°.

K. K. naturhistorisches Hofmuseum in Wien:

Annalen. Bd. III. Nr. 1. 2. 1888. 8°.

60. Versammlung deutscher Naturforscher und Aerzte in Wiesbaden:

Tageblatt der 60. Versammlung in Wiesbaden vom 18—24. September 1887. 4°.
Den Mitgliedern der 60. Vers. deutscher Naturf. und Aerzte dargebracht vom Gemeinderath der Stadt Wiesbaden. 1887. 8°.
Schlangenbad von Fr. Grossmann. 1887. 8°.
Wiesbaden als Curort von Emil Pfeiffer. 1887. 8°.

Physikalisch-medicinische Gesellschaft in Würzburg:

Sitzungsberichte. Jahrgang 1887. 8°.
Verhandlungen. N. F. Bd. XXI. 1888. 8°.

Digitized by Google

Deutsche Gesellschaft für Natur- und Völkerkunde Ostasiens in Yokohama:

Mittheilungen. 39. Heft. 1888. Fol.

Naturforschende Gesellschaft in Zürich:

Vierteljahrsschrift. 32. Jahrg. Heft 2—4. 1887. 8°.

Von folgenden Herren:

Gustavus Hinrichs in Jowa-City. V. St. A.:

Report of the Jowa Weather Service for the year 1886. Des Moines. 1887. 8°.

Edward S. Holden in Sacramento:

List of recorded Earthquakes in California. 1887. 8°.

A. v. Kölliker in Würzburg:

Ueber die Entwicklung der Nägel. 1888. 8°.
Die Entwicklung des menschl. Nagels. Sep.-A 1888. 8°.

Nicolai von Kokscharow in St. Petersburg:

Materialien zur Mineralogie Russlands. Bd. X. pag. 1—96. 1888. 8°.

Frederick Mc Coy in Melbourne:

Prodromus of the Zoölogy of Victoria. Decade 1—XV. 1878—1887. 8°.

Eduardo Mier y Miura in Madrid:

Teoría de las approximaciones numéricas. 2. Ed. 1887. 8°.

Ferdinand Baron von Müller in Melbourne:

Iconography of Australian Species of Acacia. Decade 1—8. 1887. 4°.

Alfred Nehring in Berlin:

Ueber die Gebissentwickelung der Schweine. 1888. 8°.

Alexander Ormay in Nagy-Szeben:

Supplementa Faunae coleopterorum in Transsilvania. 1888. 8°.

A. Preudhomme de Borre in Brüssel:

Liste des 105 espèces de coléoptères Camellicornes. 1888. 8°.

Karl von Scherzer in Wien:

Moritz Wagner, Ein deutsches Forscherleben, von K. v. Scherzer. München 1888. 8°.

Digitized by Google

Michele Stossich in Triest:

Il Genere Heterakis Dujardin. Agram 1888. 8°.

Gerhard Vom Rath in Bonn:

Vorträge und Mittheilungen. 1888. 8°.

Rudolf Wolf in Zürich:

Astronomische Mittheilungen. LXX. LXXI. 1887/88. 8°.

Wilhelm Zsigmondy in Pesth:

Mittheilungen über die Bohrthermen zu Harkány. 1873. 8°.

Digitized by Google

Digitized by Google

Sitzung vom 3. November 1888.

1. Herr E. LOMMEL überreicht den vollendeten Band der gesammelten Schriften Fraunhofer's, deren Herausgabe die Classe bei Gelegenheit der im vorigen Jahre stattgefundenen 100. Geburtstagsfeier dieses ihres berühmten Mitgliedes beschlossen und einer Commission von Mitgliedern der Classe übertragen hatte.

2. Herr H. SEELIGER legt seine „Fortgesetzten Untersuchungen über das mehrfache Sternsystem ζ Cancri" vor. Dieselben werden in den Denkschriften erscheinen.

3. Herr L. SOHNCKE macht eine Mittheilung über „Die Entstehung des Stroms in der galvanischen Kette".

4. Herr L. RADLKOFER spricht „Ueber die Versetzung der Gattung Dobinea von den Acerineen zu den Anacardiaceen".

Die Entstehung des Stroms in der galvanischen Kette.

Von L. Sohncke.

(Eingelaufen 8. November.)

1.

Die von Clausius begründete Vorstellung vom Wesen des flüssigen Zustandes, nach welcher die Molekeln in einer Flüssigkeit nicht ruhen, sondern in wälzender, schwingender und fortschreitender Bewegung begriffen sind und dabei zum Theil in ihre, entgegengesetzt elektrisch geladenen Bestand-

Digitized by Google

theile zerfallen und sich auch wieder vereinigen, diente ihrem Entdecker bekanntlich u. A. zum einfachen Verständniss des Verdampfungsvorganges, sowie des Vorganges der Elektricitätsleitung in Elektrolyten. Diese Vorstellung hat in neuerer Zeit noch wesentlich an Wahrscheinlichkeit gewonnen, indem es mit ihrer Hilfe gelungen ist, eine ganze Reihe merkwürdiger Eigenschaften der Lösungen durchaus begreiflich zu machen. (Man vergl. z. B. die neueren Arbeiten der Herren Arrhenius, Planck, van't Hoff, Ostwald, Nernst.)

Dieselbe Vorstellung ist es nun auch, welche, mit alleiniger Hinzunahme einer fundamentalen Thatsache der Chemie, aber ohne jede weitere Hilfshypothese, geeignet scheint, den Mechanismus der Entstehung des elektrischen Stroms in der galvanischen Kette auf's einfachste verständlich zu machen, während dieser Vorgang bisher immer noch in ein gewisses Dunkel gehüllt erschien. Die Clausius'sche Ansicht schliesst zwei verschiedene Hypothesen ein; ich will sie als Contakthypothese und als Dissociationshypothese unterscheiden. Somit ruht die folgende Ableitung auf drei Grundlagen. Dieselben sollen zunächst einzeln näher erläutert werden.

I. Contakthypothese. Beim Zerfall einer chemischen Verbindung in zwei Bestandtheile (Theilmolekeln, Jonen) erscheinen beide entgegengesetzt elektrisch, in der Art, dass alle bei der Verbindung betheiligt gewesenen Valenzen dieselbe absolute Elektricitätsmenge aufweisen. Nämlich nach Faradays elektrolytischem Gesetz verhält sich die Elektricität so, „als wäre sie in gleich grosse Atome getheilt, von denen je eines an jeder Valenz der Jonen haftet, mit welchen sie wandert". Diese Elektricität rührt vermuthlich daher, dass sich im Akte der chemischen Verbindung die zusammentretenden Bestandtheile gleich stark, aber entgegengesetzt

Digitized by Google

laden[1]). (Die bei einfacher Berührung, ohne Stattfinden eines chemischen Vorgangs, auftretende Contaktelektricität ist, gegenüber der soeben besprochenen, sehr unerheblich, wie z. B. aus Edlund's, an die Peltier'sche Wärmeentwickelung anknüpfenden Messungen hervorgeht. Sie spielt im Folgenden keine Rolle.)

II. Dissociationshypothese. Der Elektrolyt besteht aus durcheinander bewegten Molekeln, von denen stets eine gewisse Anzahl bereits in ihre Theilmolekeln zerfallen, d. h. dissociirt ist. Solange nun der Elektrolyt nicht von einem Strome durchflossen ist, und solange er sich auf konstanter Temperatur befindet, geschehen in der Zeiteinheit ebensoviele Trennungen als Wiedervereinigungen; sein Zustand ist also der des beweglichen Gleichgewichts[2]). Es muss hinzugefügt werden, dass die Theilmolekeln oder Jonen ihre elektrischen Ladungen zwar an andere Körper abgeben können, jedoch so lange sie im Innern der Flüssigkeit sind, ihre Ladungen behalten. Clausius sagt darüber nur[3]): „Es liegt keine Schwierigkeit darin, sich diese (elektrischen) Zustände auch nach der Trennung als fortbestehend zu denken" u. s. f. Er nimmt also wohl an, das Jon könne seine Ladung nur an einen Leiter der Elektricität, nämlich an die Elektroden abgeben, denn die einzelnen Molekeln und Theilmolekeln sind ja für sich keine Leiter. Man kann sich aber von diesem Haften der Elektricität am einzelnen Jon, solange letzteres sich noch innerhalb der Flüssigkeit bewegt, ohne

1) Clausius: Ueb. d. Elektricitätsleitung in Elektrolyten. Poggend. Annalen **101.** 1857 Seite 342.

2) Clausius a. a. O. Seite 318 und 349; ferner: Ueber die Art der Bewegung, welche wir Wärme nennen. Poggend. Annalen. **100.** 1857. Seite 353. Vergl. dazu auch Pfaundler: Beiträge zur chemischen Statik. Poggend. Annalen. **131.** 1867. Seite 59.

3) Poggend. Annalen. 101. Seite 342.

Digitized by Google

eine neue Hypothese **wohl einfach** folgendermas
schaft geben. Das Jon **trifft beim** Anstossen an ei
entweder den gleichnamig geladenen Bestandthei
dann ist kein Grund **zur Abgabe** der Elektricität
oder es trifft den entgegengesetzt elektrischen Bes
dann behält es seine Ladung ebenfalls, denn gemäss
takthypothese hat es ja **die Eigenthümlichkeit**, in
mit jenem entgegengesetzt **elektrisch** zu sein.

III. Die chemische **Grundthatsache**. Ein
selbe Körper verbindet sich **mit verschiedenen** Körp
gleich leicht, d. h. verschiedene **Körper** üben auf
denselben Körper verschieden **starke chemische** Anziehu

2.

Von diesen drei Grundsätzen soll nun *Anwen*
macht werden zunächst zur **Erklärung** des Polaris
stroms des **gewöhnlichen Knallgasvoltameters**.
Anwendung eines hinreichend **starken** Stromes m
Knallgasvoltameter Gasentwickelung eingetreten sein,
die Platinkathode desselben mit **Wasserstoff**, die Plati
mit Sauerstoff bedeckt ist. Man **schalte** *jetzt die urs*
liche Stromquelle aus und verbinde die beiden Elek
des Voltameters durch einen Schliessungsdraht. Dann
folgender Vorgang eintreten. Die verdünnte Schwefel
besteht aus Molekeln H_2SO_4 und H_2O, *sowie aus den Io*
molekeln derselben, nämlich den (+) elektrisch geladene
und den (−) geladenen SO_4 und den *ebenfalls* (−) gelade
O (nach der Dissociations- und Contakthypothese). Wäh
nämlich reines Wasser überhaupt kaum *leitet*, und daher
Zahl der in reinem Wasser dissociirten Molekeln nur äusse
gering sein kann, scheint die Anwesenheit von Molekeln
H_2SO_4 hierin eine Aenderung hervorzubringen. *Beim Z*
sammentreffen der Theilmolekel SO_4 mit einer Molekel H_2

Digitized by Google

scheint letzteres leicht zu zerfallen und so zur Entstehung von O und H_2SO_4 Anlass zu geben[1]).

Während sich in verdünnter Schwefelsäure, welche gänzlich sich selbst überlassen ist, die Theilmolekeln H_2, O und SO_4 ganz unregelmässig herumtreiben (Dissociationshypothese), muss sich im vorliegenden Fall ihre Bewegung regelmässiger gestalten. Zwischen dem Wasserstoff, der die eine Platinplatte bedeckt, und den in nächster Nähe befindlichen Theilmolekeln O und SO_4 findet starke chemische Anziehung statt (Grundsatz III); in Folge derselben kommen also vorzugsweise diese Theilmolekeln in innige Berührung mit dieser Platte, geben ihre (—) Ladung an sie ab, und bilden mit dem Wasserstoff der Platte die chemischen Verbindungen H_2O und H_2SO_4. In gleicher Weise wirkt der Sauerstoff, der die andere Platinplatte bedeckt, chemisch anziehend auf die in seiner Nachbarschaft befindlichen Theilmolekeln H_2; also kommen vorzugsweise diese in innige Berührung mit der Platte, geben ihre (+) Ladung an sie ab, und verbinden sich mit dem O zu H_2O. In Folge der inneren Bewegung

1) Eine ganz ähnliche Deutung lässt wohl auch ein interessanter Versuch des Hrn. Ostwald zu, der von ihm anders aufgefasst wird. (Ueb. d. Dissociationstheorie der Elektrolyte. Zeitschr. f. physikal. Chemie. II. 1888. S. 271 ff.) Nähert man einem (A) von zwei durch einen Heber verbundenen, mit Chlorkaliumlösung erfüllten Gefässen A u. B einen (—) elektrisirten Körper und entfernt dann den Heber, so bleibt A (+) geladen zurück. Bei Einführung eines zur Erde abgeleiteten Platindrahts in A erscheint Wasserstoff am Draht. Die Flüssigkeit besteht aus den Molekeln KCl und H_2O und zunächst aus den (+) Theilmolekeln K und den (—) Theilmolekeln Cl. Aber vermuthlich ist K immer nur kurze Zeit in Freiheit und bildet schnell wieder KHO und H. Nach meiner Auffassung sind also schon vor dem Eintauchen des Platindrahts die positiven Theilmolekeln H vorhanden, anstatt dass man nach Hrn. Ostwald dem (+) geladenen K die Reaktionsfähigkeit aberkennt und es erst nach Abgabe seiner Ladung an den Draht die Bildung von KHO und H bewirken lässt.

Digitized by Google

der Flüssigkeit kommen andre und andre Theilmolekeln an die Platinplatten, immer vorzugsweise (—) geladene an die erstere, (+) geladene an die letztere, und geben ihre Ladungen an sie ab, zugleich in demselben Masse die dort vorhandenen Gasüberzüge aufzehrend. (Die Regelung der Richtungen der inneren Bewegungen wird im folgenden Abschnitt noch sorgfältiger begründet.) Wenn die Platinplatten wieder gasfrei geworden sind, ist kein Anlass mehr vorhanden, dass mehr Theilmolekeln der einen Art als solche der anderen Art an diese oder jene Platte stossen; dann wird also gleich viel + E und — E an jede Platte abgegeben. — Solange an die mit Wasserstoff bedeckte Platte vorzugsweise (—) Ladungen von Theilmolekeln abgegeben wurden, an die mit Sauerstoff bedeckte vorzugsweise (+), musste der Schliessungsdraht von diesen Elektricitäten durchflossen sein. Dieser Polarisationsstrom hat augenscheinlich die entgegengesetzte Richtung als derjenige Strom, der ursprünglich durch das Voltameter floss. Denn ursprünglich wurden die (+) Theilmolekeln zur Kathode geführt; und diese sind es, welche nachträglich die (—) Theilmolekeln herbeiziehen, also zu einer entgegengesetzten Bewegung wie zuvor den Anlass geben. Ganz analog verhält sich's mit der Anode. So sieht man, wie der Polarisationsstrom, und zwar nicht nur im vorliegenden Fall, sondern unter allen Umständen, dem ursprünglichen Strome entgegengesetzt gerichtet sein muss.

Die Aufzehrung der Gasüberzüge der Elektroden in dem für sich geschlossenen Voltameter ist also nicht, wie man es gewöhnlich auffasst, eine Wirkung des Polarisationsstroms, welcher die Jonen zwingt, sich in entgegengesetzter Richtung wie zuvor zu bewegen, sondern jene Aufzehrung ist eine Wirkung der chemischen Verwandtschaft zu gewissen Theilmolekeln, und sie ist vielmehr die Ursache des Polarisationsstroms.

Digitized by Google

3.

Die Entstehung des Stroms in der galvanischen Kette beruht auf ganz ähnlichen Vorgängen wie die eben geschilderten. Wir denken zunächst nur ein Metall, z. B. Zn, in einen Elektrolyten, z. B. in verdünnte Schwefelsäure, eingetaucht. Das Zn übt auf die (—) Theilmolekeln (SO_4 und O) chemische Anziehung aus. Daher kommen unter allen der Zinkplatte benachbarten Theilmolekeln vorzugsweise die genannten mit ihr in innige Berührung und geben ihre (—) Ladung an die Platte ab, um sodann, mit dem Zn chemisch verbunden, wieder in Lösung zu gehen. Sie lassen also die Zinkplatte (−) geladen zurück.

Sobald die (—) Theilmolekeln ihre Ladung an die Zinkplatte abgegeben haben, ist das vor dem Eintauchen der Platte vorhanden gewesene bewegliche Gleichgewicht im Innern der Flüssigkeit gestört; denn jetzt fehlen diese Theilmolekeln in der Nachbarschaft des Zn, es fehlt die von ihnen ausgeübte Abstossung auf ihresgleichen, sowie die Anziehung auf die entgegengesetzten, weil die auf die ganze Platte übergegangene — E aus der grösseren Ferne nur viel schwächer wirken kann. Folglich müssen aus der Nachbarschaft mehr (—) Jonen als zuvor sich in der Richtung zur Zinkplatte hin bewegen. Dies muss sich von Schicht zu Schicht fortsetzen bis an die Grenzen der Flüssigkeit, sodass an den Grenzen die (+) Theilmolekeln überwiegen. Dieser Process muss aber aus folgenden Gründen sehr bald zum Stillstand kommen. Abgesehen davon, dass die dem Zink benachbarte Schicht wegen ihrer Anreicherung mit Zinksulfat die weitere Auflösung verzögert, sowie dass die (+) gewordenen Wände das weitere Herangedrängtwerden positiver Theilmolekeln verhindern, muss vor Allem die (—) Ladung der Zinkplatte abstossend auf die (−) Theilmolekeln wirken, also der chemischen Anziehung der Platte auf dieselben gerade entgegenwirken.

Digitized by Google

Gleichzeitig zieht diese Ladung die (+) Ion an. So wird dem einseitigen Herandringen negat molekeln ein Ende gemacht.

Auf diese Art ist die (—) Ladung, w Zn in verdünnter Schwefelsäure annimmt, auch ist erklärt, warum reines Zn nur schwindender Menge aufgelöst wird. (Die A unreinen Zinks beruht auf der Bildung von Lok

Wenn ausser dem Zn noch irgend ein ande in denselben Elektrolyten eingetaucht ist, so muss sich einen ähnlichen Einfluss ausüben, und dies sogar auch zu keiner der Theilmolekeln eine hinreichend st wandtschaft besitzt, um eine wirkliche Verbindung einzugehen, sondern wenn es nur überhaupt die von Theilmolekeln stärker heranzieht. Im Allgemeine die von der zweiten Platte auf die (—) Theilmolekeln übte Anziehung nicht gleich stark sein wie die von der Platte (Grundsatz III); daher wird sie auch nicht stark elektrisch geladen werden wie erstere.

Wenn man jetzt die beiden eingetauchten verschi artigen Platten durch einen Schliessungsdraht verbindet, das bewegliche Gleichgewicht von neuem gestört. Denn stärkere (—) Ladung des Zn verbreitet sich über den ga Schliessungsdraht, so dass die vorher von ihr auf die Theilmolekeln ausgeübte Abstossung nun verringert ist. dringen wieder mehr (—) Theilmolekeln heran und ge ihre (—) Ladung an's Zn ab. Die (+) Theilmolekeln e fernen sich wieder mehr vom Zn und wandern vorzugswe zu dem anderen Metall, welchem ja stets durch die Schliessungsdraht herankommende — E die von den Theilmolekeln empfangene (+) Ladung genommen wird.

Wie diese Auseinandersetzungen erkennen lassen, e zeugt der chemische Process im galvanischen Elemen durchaus keine Elektricität, sondern er bewirkt nur, das

Digitized by Google

die schon vorhandenen beiden Elektricitäten (die den Theilmolekeln des Elektrolyten anhaften), an die beiden verschiedenen Elektroden abgegeben werden.

Wenn die an dem zweiten Metall abgeschiedenen (+) Theilmolekeln (z. B. H_2) nach Abgabe ihrer Ladung daselbst verharren, was ja ohne besondere Massregeln immer der Fall ist, so giebt dies nothwendig Anlass zur Polarisation. Denn diese Theilmolekeln (H_2) üben chemische Anziehung auf die (—) Theilmolekeln (SO_4 und O) aus, so dass letztere herbeigezogen werden und ihre — E an diese Elektrode abgeben. So entsteht durch den Vorgang selber, welcher den ursprünglichen Strom schafft, ein entgegengesetzter Strom: der Polarisationsstrom.

Letzterer Vorgang ist nicht wesentlich verschieden von jenem, welcher immer stattfindet, wenn das zweite Metall chemisch nicht indifferent gegen den Elektrolyten ist, sondern ebenfalls Neigung hat, sich mit den (—) Theilmolekeln desselben zu verbinden. Weil im Allgemeinen an die beiden verschiedenen Metalle sekundlich nicht dieselbe Anzahl von (—) Theilmolekeln herankommen (in Folge der verschiedenen Stärke der chemischen Anziehung), so wird an die eine Elektrode mehr — E abgegeben als an die andere; und diese Differenz der sekundlich den beiden Elektroden zugehenden gleichnamigen Ladungen ist es, welche in der Schliessung als Strom zum Vorschein kommt, gerade wie bei dem durch Polarisation geschwächten galvanischen Element.

Bei der vorstehenden Ableitung der Stromentstehung ist die Elektricitätserregung durch Contakt der Metalle gar nicht erwähnt worden. Massgebend hierfür ist vornehmlich die vorausgeschickte Betrachtung über das Knallgasvoltameter (§ 2), bei welchem eine solche Elektricitätserregung durch Contakt verschiedener Metalle ausgeschlossen ist und trotzdem, wie wir sahen, ein Strom (nämlich der Polarisationsstrom) zu Stande kommt.

Digitized by Google

Dafür dass diesem **Faktor** auch bei dem gewöhnlichen Elements **keine Bedeutung** zukommt, folgende Erwägung. **Sobald der Strom** zu fliessen ändert er die Temperatur **aller Contaktstellen** und zwar bekanntlich **in dem Sinne**, dass die thermomotorische Kraft der **durch den Strom** erwärmten erkälteten Contaktstellen **stets derjenigen** des Stromes **gegen** gerichtet ist. Die **Contaktstellen** können auf Fortgang des Stroms in **der ursprünglichen** Richtung haupt nicht massgebend **sein**.

4.

Die Quelle der Stromenergie. Wenn ein Leiter durch einen mit der **Erde verbundenen** Leiter entladen wird, so erzeugt **der Strom** Wärme im Diese Arbeitsleistung ist nur **dadurch ermöglicht**, dass freie Elektricität beschafft **worden war.** In diesem Falle also als wahre Quelle der Stromenergie die *Arbeit* anzusehen, welche hat aufgewendet werden **müssen**, um jene freie Elektricität zu schaffen. Aehnlich **ist es** bei *dem* Strome galvanischen Kette: Die Quelle der Stromenergie ist die Arbeit, welche aufgewendet worden ist, **um** *die freien* Elektricitäten zu beschaffen, d. h. um die **beiden** Elektricitäten zu trennen. Nun werden dieselben **aber** *zunächst* durch dauernd von selbst stattfindenden Dissociationsprocess getrennt. In der hierbei aufgewendeten Energie **hat** man also die Quelle der im Strome zur Verfügung stehenden Energie zu suchen.

Solange ein Elektrolyt stromlos und auf konstanter Temperatur befindlich ist, geschehen sekundlich ebensoviele Trennungen als Wiedervereinigungen der Theilmoleküle. Bei jeder Trennung wird Wärme verbraucht, bei jeder Wiedervereinigung wird ebensoviel Wärme wieder erzeugt. Also bleibt der Energieinhalt der Flüssigkeit nach Qualität und

Digitized by Google

Quantität ungeändert. Sobald aber die durch den Schliessungsdraht verbundenen Polplatten eingesenkt werden, wird es einer bestimmten Zahl von Theilmolekeln unmöglich gemacht, sich in der bisherigen Art wieder zu vereinigen. Die mit ihnen verknüpften Elektricitäten sind somit jetzt getrennt; an die Elektroden abgegeben, vereinigen sie sich im Schliessungsdraht unter Entwickelung der Stromwärme. Solange sie getrennt waren, repräsentirten sie ein Quantum potentieller elektrischer Energie. Diese war gewonnen auf Kosten des Wärmeverbrauchs beim Zerfall der Molekeln in Theilmolekeln. Letzterer Wärmeverbrauch scheint also zunächst das Aequivalent der Stromenergie zu sein. Ganz so einfach ist der Sachverhalt indessen nicht.

Um die Betrachtung zu vervollständigen, fassen wir folgenden möglichst einfachen Fall in's Auge. Eine mit Wasserstoff beladene Platinplatte und eine reine Platinplatte seien in verdünnte Schwefelsäure getaucht und dann durch einen Schliessungsdraht verbunden. Beim Zerfall einer Molekel H_2SO_4 wird eine gewisse Wärmemenge verbraucht; diese hat die Kosten der Stromwärme bestreiten zu helfen. Wenn nun aber die Theilmolekel SO_4 zu der mit Wasserstoff bedeckten Platinplatte wandert, dort ihre (—) elektrische Ladung abgiebt und sich mit dem dortigen H_2 verbindet, so scheint dort durch diese Verbindung dieselbe Wärmemenge wieder entstehen zu müssen, sodass für die Arbeit des Stromes nichts übrig bleibt. Denn man sieht zunächst nicht ein, wieso die Verbindungswärme nicht dort, wo die Verbindung vor sich geht, zum Vorschein kommen sollte; aus welchen Gründen sie sich vielmehr nur zum Theil daselbst zeigen, zum anderen Theil aber über die ganze Strombahn verbreiten sollte.

Bei genauerer Betrachtung erkennt man aber, dass die hier stattfindende chemische Vereinigung von H_2 und SO_4 nicht völlig unter denselben Verhältnissen vor sich geht wie die vorausgegangene Trennung von H_2 und SO_4. Als die

Digitized by Google

Molekel H_2SO_4 sich **dissociirte**, waren beide Thei
entgegengesetzt geladen; es war also bei der Trenn
doppelte Arbeit zu leisten: erstens war die rein
Anziehung beider Theilmolekeln (welche vielleicht
allgemeinen Massenanziehung identisch ist), zu üb
und zweitens die Anziehung ihrer beiden entgegen
elektrischen Ladungen. Bei der chemischen Verei
der Elektrode ist dagegen der das Pt bedeckende
stoff elektrisch neutral; (er hat ja, als man di
etwa elektrolytisch mit Wasserstoff belud, seine Ele
an die Platte abgegeben). Was die (—) geladene Mole
angeht, so stelle ich mir der Einfachheit halber
vor, sie gebe ihre Ladung an die Elektrode ab u
dann erst die chemische Verbindung mit H_2 ein. In
Falle wirkt also bei der Verbindung von SO_4 und H
die chemische Anziehung, während die Anziehung
Elektricitäten fehlt. In Folge dessen producirt
chemische Vereinigung nicht dieselbe Wärmemenge
der Dissociation verschwand, nämlich soviel Wärme
als auf Rechnung der Anziehung beider elektrischen
ungen kommt. Diese beiden Elektricitäten vereinigen
aber nun im Schliessungsdraht, und hierbei wird die
fehlende Wärme producirt, nämlich jene, die zur Tren
derselben beiden Elektricitätsmengen vorher verbraucht wu

Dieser Schilderung des Vorgangs ist vielleicht folge
Betrachtung vorzuziehen, welche aber im Wesentlichen
dasselbe Ergebniss hinausführt. Die (—) geladene Mole
SO_4 zieht, wenn sie an die Elektrode herankommt, durch
Influenz + E herbei und stösst — E ab, sodass im Momen
der Verbindung die Theilmolekel H_2 doch wieder eine gleich
grosse aber entgegengesetzte Ladung hat als SO_4. Durch
das Herbeiströmen dieser Elektricitätsmenge + E und das
Wegströmen von — E durch den Schliessungsdraht wird in
letzterem Wärme produciert: Die Stromwärme. Die elek-

Digitized by Google

trische Anziehung hat also in diesem Falle nur Elektricität in Bewegung gesetzt, aber keinen Einfluss auf die Bewegung der sich verbindenden Theilmolekeln gehabt. Bei dem Verbindungsvorgang ist also entsprechend weniger Wärme erzeugt worden.

Dies scheint die Lösung des Räthsels zu sein, warum nicht die ganze Verbindungswärme an Ort und Stelle der Verbindung zum Vorschein kommt, warum vielmehr ein grosser Theil auf der ganzen Strombahn vertheilt auftritt. Die weitere Verfolgung dieser Ueberlegungen ist vielleicht geeignet, den Zusammenhang der elektromotorischen Kraft mit der Wärme, die durch die chemischen Processe der Kette erzeugbar ist, etwas aufzuklären.

5.

Die im Vorigen entwickelte Vorstellung vom Zustandekommen des galvanischen Stroms hat theilweise grosse Aehnlichkeit mit einigen früheren Theorien, ohne jedoch mit einer derselben identisch zu sein. Es ist keineswegs meine Absicht, eine erschöpfende Vergleichung mit den verschiedenen früheren Theorien vorzunehmen, sondern nur auf zwei derselben möchte ich kurz hinweisen. Die grösste Verwandtschaft besitzen meine Ansichten mit Herrn F. Exner's Theorie[1]); nur findet ein wesentlicher Unterschied statt. Die Exner'schen Betrachtungen ruhen gänzlich auf dem Thomson'schen Satz von der Proportionalität der elektromotorischen Kraft eines galvanischen Elements mit der Wärmetönung der in ihm ablaufenden chemischen Vorgänge. Dieser, zur Zeit der Veröffentlichung von Herrn Exner's Theorie fast allgemein

1) Ueb. d. Natur d. galv. Polarisation. Sitzgsber. d. Wiener Akad. **78.** II. Abth. Jahrg. 1878; u. Wiedem. Annal. **6.** 1879. p. 355. — Zur Theorie der inkonstant. galvan. Elemente. Sitzgsber. **80.** II. Abth. Jahrg. 1879. u. A.

Digitized by Google

angenommene Satz ist bekanntlich jetzt auf Grund von Untersuchungen Edlund's, Paalzow's, Braun's, v. Helmholtz's und Anderer als unzutreffend erkannt. Er spielt also auch bei meinen obigen Auseinandersetzungen keine Rolle; mein Ausgangspunkt ist ein ganz anderer, und ich gelange demgemäss zu einer wesentlich anderen Auffassung des Zusammenhangs zwischen chemischer Wärme und Stromenergie. Doch stimme ich mit Herrn Exner darin vollkommen überein, dass „was die Art der Entstehung angeht, gar kein Unterschied zwischen einem Polarisationsstrom und dem irgend einer Hydrokette besteht[1])".

Grosse Aehnlichkeit herrscht sodann zwischen meiner Schilderung der Stromentstehung und der an die alte Schönbein'sche Theorie anknüpfenden Auseinandersetzung des Herrn G. Wiedemann[2]). Nichtsdestoweniger decken sich unsere Ansichten keineswegs. Denn zunächst legt Hr. W. seinen Entwickelungen die, wie mir scheint schon durch Clausius als unhaltbar erwiesene Grotthuss'sche Ansicht von der Elektricitätsleitung in Elektrolyten zu Grunde; sodann aber ist seine Auffassung der Polarisation grundverschieden von der hier vertretenen.

1) Wiedem. Annal. 6. p. 355.
2) Die Lehre v. d. Elektr. Bd. I. Seite 251 ff.

Digitized by Google

Ueber die Versetzung der Gattung **Dobinea** von den Acerineen zu den Anacardiaceen.

Von L. Radlkofer.

(Eingelaufen 8. November.)

Die nur aus einer Art bestehende, im Anfange dieses Jahrhunderts (1802—3) zuerst von Hamilton in Nepal beobachtete und nach dessen Materialien und Aufzeichnungen im Jahre 1825 von David Don veröffentlichte Gattung *Dobinea* Ham. mss., ed. Dav. Don in Prodr. Flor. Nepal., 1825, p. 249, ist seit ihrer Aufstellung stets den Acerineen beigezählt worden, scheint aber bisher nur mehr oder weniger unzureichender Untersuchung unterworfen worden zu sein, woraus sich ausser der Belassung in der erwähnten Stellung widersprechende Angaben über die Charaktere derselben ergeben haben.

So werden derselben in den Genera von Bentham & Hooker I, 1862, pag. 410 „stamina cum ovarii rudimento basi connata" und ein „ovulum erectum", von Baillon dagegen in Hist. d. Pl. V, 1874, p. 428 „stamina filamentis liberis" und ein „ovulum ex angulo interno germinis descendens, micropyle introrsum supera" zugeschrieben.

Diese Widersprüche und die Bemerkung von Baillon (a. a. O.) „Genus quoad locum valde dubium" veranlassten mich, die Pflanze erneuter Prüfung zu unterwerfen.

Digitized by Google

Dabei ergab sich denn sehr bald, und zwar nach der zunächst nur auf die Vegetationsorgane in Anwendung gebrachten anatomischen Methode allein schon, dass die Pflanze wohl zweifellos zur Familie der Anacardiaceen gehöre, und das wurde durch die Untersuchung der Blüthe und Frucht auf's vollständigste bestätiget.

Dieses überraschende Ergebniss, von welchem ich in Durand Index Gen., 1888, p. 499 bereits flüchtig Kenntniss gegeben habe, soll in dem Folgenden seine nähere Darlegung finden. —

Die in Rede stehende Pflanze besitzt, um, dem Gange der Untersuchung entsprechend, zuerst die wesentlichsten anatomischen Verhältnisse der Vegetationsorgane hervorzuheben, die für die Anacardiaceen und Burseraceen charakteristischen Balsamgänge unter dem Hartbaste der Rinde, welch letzterer auf dem Querschnitte der Zweige für jeden Gefässbündel einen nach aussen convexen Bogen bildet. Diese Balsamgänge finden sich weiter bei *Dobinea*, gleichwie bei gewissen Anacardiaceen, z. B. *Anacardium occidentale* L. und *Thyrsodium Schomburgkianum* Benth., in geringer Zahl auch an der Peripherie des Markes und in der primären Rinde. Markständige Balsamgänge kommen dagegen den Burseraceen bekanntlich nicht zu, und so ergibt sich für *Dobinea* aus dem Verhalten ihrer bisher gänzlich unbeachtet gebliebenen Balsamgänge allein schon der deutliche Hinweis auf die erwähnte Thatsache, dass sie eine Anacardiacee sei.

Die Balsamgänge von *Dobinea* sind zwar klein und desshalb leicht zu übersehen; nichts desto weniger aber erweisen sie sich als völlig charakteristisch ausgebildet, so dass Weiteres hierüber beizufügen überflüssig erscheint. Die der secundären Rinde ziehen sich im Weichbaste der Gefässbündel durch den Blattstiel in die Blattnerven fort bis hinein in das Venennetz, und selbst in den Gefässbündeln

Digitized by Google

der zarten Staubfäden und in dem Pistillrudimente der männlichen Blüthe sind sie nach Aufhellung des Gewebes mittelst Javelle'scher Lauge an ihrem charakteristischen Inhalte noch leicht zu erkennen. Ebenso bei der weiblichen Blüthe in der Wandung des Fruchtknotens, und selbst in dem Nabelstrange der Samenknospen, als Theil der betreffenden Gefässbündel.

Von anderen anatomischen Verhältnissen sei nur nebenher erwähnt, dass der Hartbast aus bandartig platten Fasern mit nur mässig verdickter Wandung besteht und dass das Holzparenchym in der Nähe der Gefässe sich durch eine auffallend weitläufig netzfaserige oder selbst nur querfaserige Verdickung seiner Wandungen auszeichnet, so dass man im ersten Augenblicke solche Wände für leiterförmig durchbrochene Zwischenwandungen von Gefässen zu halten geneigt sein könnte, welche den Anacardiaceen in der Regel fehlen[1]). Die Holzprosenchymzellen sind mit einfachen Tüpfeln und da und dort mit einer dünnen Querwand versehen. Der Bast ist reich an Reihen schmaler Gerbstoffschläuche, deren fadenförmig zusammengetrockneter, hin und her gebogener, brauner Inhalt denselben das Ansehen von Milchsaftgefässen gibt. Etwas weitere Gerbstoffschläuche finden sich in der Markscheide; ausserdem im Marke Reihen gerbstoffhaltiger Zellen, welche länger, aber enger als die übrigen Markzellen sind. In kleineren Markzellen finden sich einzelne Krystalldrusen. Ebensolche in kürzeren oder längeren Reihen kubischer Zellen in der primären und sekundären Rinde. All das findet sich auch bei anderen Anacardiaceen und scheint für dieselben

1) Neben einfach durchbrochenen finden sich leiterförmig durchbrochene Zwischenwände mit wenig zahlreichen (8—12) Spangen bei *Campnosperma gummiferum* March. u. *C. macrophyllum* Hook. fil.

Digitized by Google

in grösserer oder geringerer Ausdehnung charakteristisch zu sein.

Das Blatt, welches nur unterseits mit Spaltöffnungen versehen ist, trägt, wie auch die Oberfläche anderer Theile, ausser unverästelten, einzelligen oder wenigzelligen Haaren mit braunem Inhalte auch kleine Drüsen mit kurzem Stiele und ovalem, nicht sehr reichzelligem Köpfchen, wie sie auch bei anderen Anacardiaceen (Arten von *Rhus*, *Buchanania*, *Phlebochiton* etc.), ferner bei den Sapindaceen und Meliaceen besonders an der unteren Blattseite und hier meist in Begleitung der Venen sehr verbreitet sind.

Unter den Charakteren der Fortpflanzungsorgane erscheint als der wichtigste die Beschaffenheit der Samenknospe. Für sie sind weder die Angaben von Baillon noch die in Benth. Hook. Genera zutreffend. Sie ist weder von dem inneren Winkel des Fruchtknotens „absteigend (mit innen und oben gelegener Micropyle)" noch „aufrecht", sondern wie der für die zunächst ähnlichen Anacardiaceen bezeichnende Terminus lautet, eine „gemmula a funiculo basilari suspensa", und was ihre Gestalt betrifft eine gemmula anatropo-campylotropa, apotropa.

Die gleichen Verhältnisse der Lage und Gestaltung zeigt auch der Same, welcher, wie die Frucht selbst, von der Vorder- und Rückseite her platt linsenförmig zusammengedrückt und breiter als hoch ist, dabei mit seinem grössten (in der Transversalebene der Blüthe gelegenen) Durchmesser. wie das auch für die Frucht selbst gilt, die Axe der Frucht schief schneidend. An seinem nach oben gekehrten Rande, dessen höchst gelegener Theil die Spitze des Keimwürzelchens überdeckt, ist die nur schwach vorspringende, etwas gefärbte Chalaza und die Rhaphe gelegen, von der aus der freie Theil des Nabelstranges sich um das etwas in die Höhe gerichtete Micropyleende herum und immer dem Rande des

Digitized by Google

Samens dicht angepresst nach der Placentarstelle am Boden der Fruchtknotenhöhle, mitten unter dem Samen, herabzieht. An dem vom Nabelstrange bedeckten Seitenrande des Samens liegt das mit seiner Spitze zur Micropyle emporstrebende Würzelchen des pleurorhizen Keimes, dessen ovale, ziemlich flache Cotyledonen mit ihren oberen (inneren) Flächen einander zugekehrt und mit ihren gewölbten unteren (äusseren) Flächen den Linsenflächen des Samens angeschmiegt sind. Wenn dieser Same als „aufrecht" bezeichnet wird, wie in Endlicher und Benth. Hook. Genera, so scheint dabei der seinem Rande angeschmiegte freie Theil des Samenstranges als damit verwachsen angesehen und übersehen worden zu sein, dass dabei die gegebene gegenseitige Lage der Chalaza und Micropyle und damit des Würzelchens unmöglich sein würde; die Bezeichnung desselben als „absteigend etc.", wie bei Baillon, schliesst andererseits eine Verkennung der wirklichen Anheftungsstelle in sich und könnte nur, wenn die Lage des Samens, abgesehen von seinem Träger, anzugeben wäre, zulässig erscheinen.

Wie die Samenknospe und der Same, so ist auch die allem Anscheine nach nur aus einem (wohl in der Transversalebene der Blüthe stehenden) Carpelle gebildete Frucht auf der Micropyle- (oder Funicular-) Seite, welche zugleich als die axensichtige oder Bauchseite des Fruchtknotens erscheint, schief nach oben, auf der entgegengesetzten, der Rückenseite, schief nach unten ausgedehnt, ähnlich den schiefen Früchten anderer Anacardiaceen (z. B. *Buchanania*). Auf der Micropyle-Seite ist auch die mit dem Blüthenstiele auf dessen ganze Länge in ihrem unteren Drittheile verwachsene, bei der Fruchtreife sich zu einem Flugorgane verbreiternde Bractee anfänglich nicht selten etwas stärker ausgebildet, als in ihrer anderen Hälfte, nach welcher die Frucht schliesslich etwas übergeneigt ist. Von dem der Rückennaht der Frucht entsprechenden Rande aus erhebt

Digitized by Google

sich als Spitze des Fruchtblattes der fadenförmige Griffel (in analoger Richtung, wie im Innern der Nabelstrang), um sich entweder direct, oder nachdem er sich erst noch etwas über die höhere Fruchtseite hingeneigt hat, zurückzukrümmen und in derselben Richtung spiralig (meist uhrfederartig, doch auch korkzieherartig, mit gewöhnlich dann nach der Bractee gerichteter Spitze) zusammenzurollen, wie Endlicher in den Worten: „stylus apice revolutus" richtig angegeben hat, während andere Autoren den Griffel als „apice spiraliter involutus" bezeichnen.

Von der Bauchnaht her zieht sich über die convexe, also äussere Seite der Krümmung — nicht, wie die Autoren angeben, innen („stylus intus stigmatosus". Baillon, Benth. Hook. Genera), aber allerdings der inneren (oberen) Fläche des Fruchtblattes entsprechend — eine Furche mit stigmatoser Beschaffenheit (namentlich an den Rändern): dieser Narbentheil verjüngt sich gegen die Spitze hin, so dass die Bezeichnung der Narbe als „stumpf" bei D. Don und Endlicher nicht als zutreffend erscheint.

Was die übrigen Verhältnisse betrifft, so will ich mich der Hauptsache nach auf die Hervorhebung dessen beschränken, was zur Berichtigung bisheriger irriger Angaben dienlich erscheint.

Die Frucht, von Baillon nur als „fructus siccus", in Benth. Hook. Genera als „fructus coriaceus", von Endlicher als „fructus indehiscens", von D. Don (und ebenso von G. Don, General System. I, 1831, p. 651) als „Capsula" bezeichnet, ist deutlich drupös mit saftlosem Mesocarpe und nur aus 1 Schichte sclerenchymatischer Zellen nebst einer Epithelial-Schichte gebildetem cartilaginösem Endocarpe. Nur das Mesocarp ist an der Bildung des flügelartigen, gezähnelten Randes betheiliget, welcher die Frucht in ihrer grössten (Längs-) Durchnittsebene umzieht und welcher sie der geflügelten Frucht von *Smodingium* vergleich-

Digitized by Google

bar erscheinen lässt. Der unter der Frucht befindliche Discus, der einzige Theil, aus welchem die weibliche Blüthe neben dem Pistille besteht, welchen aber Endlicher unerwähnt gelassen hat, während er der männlichen Blüthe ohne Grund einen „discus perigynus" zuschreibt, ist ungleichseitig und der Spitze des Blüthenstieles schief aufgesetzt, offenbar durch das eng anliegende Deckblatt auf der betreffenden Seite in seiner Entwicklung behindert und durch das Längenwachsthum des Deckblattes auf der gleichen Seite emporgehoben.

Der Same ist nicht eiweisslos, wie allerwärts angegeben wird, sondern lässt unter seiner dünnen, ausser an der Rhaphe gefässbündellosen Schale ein zwar spärliches, aber doch deutliches und als besondere Schichte abhebbares Endosperm erkennen, wie ein solches auch bei anderen Anacardiaceen schon beobachtet worden ist gemäss der im Familiencharakter bei Engler und Benth. Hooker zu findenden Angabe: „albumen nullum vel interdum tenuissimum". Von bestimmten Gattungen werden in dieser Hinsicht übrigens nur *Smodingium* in Benth. Hooker Genera I, 1862, p. 416 („semen strato tenui albuminis donatum") und *Schinus* („albumine parco vel 0") in Baillon Hist. V, 1874, p. 314 angeführt, und auch für diese fehlt es an bestätigender Wiederholung, für *Smodingium* bei Baillon und Engler, für *Schinus* bei Letzterem, in dessen Monographie des Vorkommens von Sameneiweiss überhaupt, ausser im Familiencharakter, nirgends Erwähnung geschieht, was jedoch sicherlich nicht einer ausdrücklichen Negirung für die genannten Gattungen gleich zu achten ist.

Der Gefässbündel im Nabelstrange des reifen Samens macht sich durch eine rothbraune Färbung bemerklich; dieselbe rührt von gerbstoffführenden Zellen her.

Die männliche Blüthe besitzt einen röhrigglockigen, kaum 1 mm langen Kelch mit 4 in orthogonalem Kreuze

Digitized by Google

stehenden, in der Knospenlage klappigen Zähnchen; 4 lanzettliche, in einen ziemlich langen Nagel verschmälerte Blumenblätter mit gleichfalls klappiger und zwar etwas eingefaltet klappiger (nicht, wie Baillon angibt, imbricirter) Knospenlage; 4 längere äussere, vor die Kelchblätter, und 4 kürzere innere, der regelmässigen Alternation all dieser Theile zufolge vor die Blumenblätter fallende und mit diesen den Kelch ungefähr um seine Länge überragende Staubgefässe mit kurzen, fast zweiknöpfigen, introrsen Antheren; endlich ein pfriemliches Pistillrudiment, dessen unterer Theil — unähnlich dem des fertilen Pistilles — mit Spaltöffnungen, dessen oberer, mit einfach kegelförmiger oder etwas keulenförmiger Spitze endigender, dem Griffel entsprechender Theil mit kleinen Drüsen besetzt ist.

Die Blüthenaxe der männlichen Blüthe ist unter den Blumenblättern und noch mehr unter den Staubgefässen etwas gestreckt und die genannten Theile ziehen sich etwas daran herab, was den Verwachsungsverhältnissen derselben bei *Gluta* und *Mangifera* entspricht, bisher aber anders aufgefasst worden ist; so heisst es in Beziehung hierauf bei D. Don „stamina in columnam circa stylum sterilem connata", bei Endlicher „filamenta ima basi connata", bei Benth. Hook. „stamina centrica cum ovarii rudimento basi connata", bei Baillon „filamenta libera".

Der Pollen ist, abweichend von dem der meisten Anacardiaceen, kugelig mit sehr kleinwabiger Exine.

Das Pistillrudiment ist an der Basis in Folge des Druckes von Seite der Filamente gefurcht und zwischen diesen in Wülsten vorspringend, was den Eindruck macht, als ob es aus ebenso vielen Theilen, als Wülste vorhanden sind, und nicht wie in der weiblichen Blüthe aus 1 Fruchtblatte gebildet sei. Gefässbündel, welche durch ihre Zahl einen Aufschluss hierüber geben könnten, fehlen, abgesehen von einem centralen Strange, welcher die solide, keine Frucht-

Digitized by Google

knotenhöhlung und keine Samenknospenanlage umschliessende, das Pistillrudiment bildende Gewebemasse in der Mitte bis in den Griffeltheil hinein durchzieht.

Die Stiele der männlichen Blüthen sind nicht, wie bei Endlicher und in Benth. Hook. Genera angegeben ist, bracteenlos, sondern nur nicht immer gerade unter ihrer Ursprungsstelle mit einer Bractee versehen, da diese mehr oder weniger recaulescirt zu sein pflegt.

Was die Inflorescenz betrifft, so bilden die männlichen Blüthen wiederholt verzweigte, zuletzt mitunter verarmende Dichasien, welche zu Pleiochasien (Rispen) vereiniget sind, die ihrerseits wieder die Aeste einer nickenden Gesammtrispe bilden. Die weiblichen Blüthen bilden ebenfalls eine nickende Gesammtrispe, deren letzte Theile aber nicht Dichasien tragende, sondern einfache (traubenförmige), 3—8 cm lange Pleiochasien sind mit 10—30 und mehr Blüthen (welche hier die Dichasien der männlichen Inflorescenzen vertreten). Ob die Blüthen monöcisch sind, wie D. Don und Endlicher angeben, oder diöcisch, wie Baillon angibt, muss ich dahingestellt sein lassen.

Die Blätter werden überall schlechthin als opponirt bezeichnet, sie erscheinen aber nicht selten auch als zerstreut. Ihrer Textur nach sind sie den Blättchen von *Phlebochiton extensum* Wall. und denen mancher Arten von *Rhus* ähnlich, dünn und zerbrechlich. In der Gegenständigkeit der Blätter steht unserer Pflanze unter den Anacardiaceen nur die Gattung *Bouea* zur Seite, und wie diese ist sie wohl der Tribus der Mangiferae beizuzählen, welcher auch die im Vorausgehenden schon gelegentlich in Vergleich gezogenen Gattungen *Buchanania*, *Gluta* und *Mangifera* angehören, während die bezüglich der Fruchtgestalt und des Endosperms in Erinnerung gebrachte Gattung *Smodingium* der Tribus der Rhoideae angehört, wie auch *Schinus*. Eine sichere Bestimmung ihrer Stel-

Digitized by Google

lung wird so für *Dobinea* wohl erst von einer genauer als bisher durchgeführten Untersuchung der betreffenden Triben rücksichtlich der Pollen- und Samenbeschaffenheit, sowie der Vertheilung der Balsamgänge und anderer anatomischer Verhältnisse zu erwarten sein. —

Eine aus der hier berichteten Untersuchung sich ergebende gedrängte Charakteristik ist die folgende:

Dobinea Ham. mss., ed. Don, Dav., in Prodr. Fl. Nepal. 1825, p. 249: Flores unisexuales, monoeci (?). Fl. ♂: Calyx campanulato-tubulosus, 4-dentatus, valvatus. Petala 4, unguiculata, ima basi cum toro stipitiformi connata, implicato-valvata. Stamina 8, filiformia, basi cum toro stipitiformi ultra petalorum insertionem producto connata, exteriora alternipetala longiora; antherae didymae, introrsae, 2-rimosae; pollen globosum, exine tenerrime favosa; pistilli rudimentum subulatum, centrale, basi staminum pressione sulcatum. Fl. ♀: Pedicelli cum bracteae venosae parte inferiore connati. Calyx et corolla nullae. Discus annularis, inaequalis, obliquus, postice magis evolutus et declinatus. Germen disco insidens, transversim erecto-lenticulare, 1-loculare; stylus terminalis, filiformis, apice spiraliter revolutus, in spirae latere exteriore (convexo) sulcatus et stigmatosus; gemmula solitaria, ab apice funiculi e germinis fundo secus ventrem adscendentis oblique pendula, apotrope anatropa, eademque curvata, margine rhaphem dorsalem excipiente breviore concavo, micropyle introrsum supera. Fructus bractea aucta scariosa reticulata colorata suffultus, parvus, drupaceus, oblique lenticularis et basi oblique subcordatus, mesocarpio exsucco in marginem membranaceo-aliformem denticulatum circumcirciter expanso. Semen lenticulare, a funiculo adpresso oblique pendulum, testa membranacea, albumine tenuissimo; embryo curvatus; cotyledones planae, ovales; radicula brevis, accumbens, sursum spectans. — Frutex glabriusculus, in omnium partium libro leptodermico nec non ad medullam

Digitized by Google

et in cortice primario ductus balsamiferos fovens. Rami virgati. Folia opposita vel interdum sparsa, exstipulata, petiolata, ovato-lanceolata, penninervia, serrata, tenuia, sicca fragilia. Paniculae ad apices ramorum laterales cum terminali in paniculam communem nutantem consociatae, florum ♂ e pleiochasiis cymos dichotomos ferentibus, florum ♀ e pleiochasiis racemiformibus compositae. Flores perparvi, pedicellis pubescentibus et minutissime glandulosis. —

Species 1: D. vulgaris Hamilt. mss., ed. Don, Dav., in Prodr. Fl. Nepalens., 1825, p. 249 („D. oppositifolia Don" errore apud Baillon Hist. d. Pl. V, 1874, p. 428). — In Himalayae centralis et orientalis regione temperata.

Digitized by Google

Digitized by Google

Sitzung vom 1. Dezember 1888.

1. Herr E. LOMMEL macht eine Mittheilung „Ueber Phosphoro-Photographie des ultrarothen Spectrums".

2. Herr L. RADLKOFER hält einen Vortrag „Ueber die Versetzung der Gattung Henoonia von den Sapotaceen zu den Solanaceen".

3. Herr W. v. GÜMBEL bringt zur Vorlage eine Abhandlung des auswärtigen Mitgliedes Prof. Dr. F. v. Sandberger in Würzburg „Ueber Lithionit-Granite mit besonderer Rücksicht auf jene des Fichtelgebirges, Erzgebirges und des nördlichen Böhmens".

4. Herr N. RÜDINGER spricht „Ueber die Bildung der Bogengänge des inneren Ohrs".

Phosphoro-Phothographie des ultrarothen Spectrums

von E. Lommel.

(Mit Tafel V.)

(Eingelaufen 1. Dezember.)

Wird ein Spectrum auf der Oberfläche einer vorher zu schwachem Leuchten gebrachten phosphorescirenden Substanz, z. B. auf einem mit Balmain'scher Leuchtfarbe bestrichenen Schirm, aufgefangen, so wirken bekanntlich die verschiedenen Partien des Spectrums in sehr verschiedener

Digitized by Google

Weise auf die Substanz ein. Ein Theil der blauen und violetten, sowie ein Theil der ultravioletten Strahlen regen die Substanz zu erhöhtem Selbstleuchten an, die übrigen dagegen löschen das bereits vorhandene Phosphorescenzlicht mehr oder weniger aus, nachdem sie dasselbe zuerst zu hellerem Aufleuchten angefacht hatten.

Nach der Einwirkung erblickt man daher auf der phosphorescirenden Fläche ein eigenthümliches Bild, eine „Phosphorographie", des Spectrums, welches an den von den erregenden Strahlen getroffenen Stellen heller, an den Stellen aber, auf welche die auslöschenden Strahlen wirkten, dunkler ist als der schwachleuchtende Grund.

Bei der genannten Substanz beginnt die Auslöschung, wenn wir von dem brechbareren Ende des Spectrums gegen das weniger brechbare vorschreiten, schon im Blau bei $F\frac{1}{3}G$, bewirkt im Gelb ein erstes Maximum der Dunkelheit, ein zweites zu beiden Seiten der Linie A, endlich ein drittes und dunkelstes im Ultraroth zwischen den Wellenlängen 861 bis 942 μ. Zwischen diesen beiden letzteren Maximis, welche als breite dunkle Streifen sich darstellen, findet nur eine sehr geringe auslöschende Wirkung statt; die beiden dunklen Streifen erscheinen daher durch einen hellgebliebenen Zwischenraum von einander getrennt, das von Draper sogenannte „helle Rechteck (bright rectangle)".

Sehr bemerkenswerth ist, dass auch eine schmale Partie im Ultraviolett unmittelbar hinter der Linie H auslöschende Wirkung übt (Maximum der Dunkelheit bei $\lambda = 390\ \mu$), die noch brechbareren ultravioletten Strahlen von $\lambda = 375$ bis $\lambda = 345$ aber wieder lichterregend wirken, jedoch ein mehr grünliches Phosphorescenzlicht erzeugen, als die blauen und violetten Strahlen.

Sind in dem Spectrum, welches man auf der schwachphosphorescirenden Fläche entwirft, Lücken vorhanden, wie die Fraunhofer'schen Linien im Sonnenspectrum, so müssten sich

Digitized by Google

dieselben in dem hellen Theile der Phosphorographie, d. h. in dem Gebiete der erregenden Strahlen, dunkel auf hellem Grunde, in dem dunklen Theile aber, d. i. im Gebiete der auslöschenden Strahlen, hell auf dunklem Grunde abbilden.

Mit dem Auge sind diese Linien in dem lichtschwachen phosphorographischen Bilde nur schwer wahrzunehmen, und nur dann, wenn das Auge durch längeres Verweilen im Dunkeln empfindlich genug geworden ist.

Da aber das bläuliche Licht der phosphorescirenden Fläche reich ist an photographisch wirksamen Strahlen, so lässt sich das phosphorographische Spectrum einfach dadurch photographiren, dass man eine lichtempfindliche Trockenplatte (Bromsilbergelatine) auf die phosphorescirende Fläche legt. Die photographische Platte ist weit empfindlicher, als das Auge; sie erfasst und fixirt sofort alle Einzelheiten des phosphorographischen Bildes.

Diese Methode, das phosphorographische Spectrum zu photographiren, wurde bereits von Draper[1]) angewendet. Draper gibt jedoch an, dass eine Phosphorographie, und demnach auch ihr photographisches Bild, niemals scharf erscheinen, und keine feineren Linien zeigen kann, und zwar aus folgendem Grunde. Das von der Substanz ausgestrahlte blaue Phosphorescenzlicht ist selbst wieder fähig, die nämliche Substanz zum Leuchten anzuregen. Deckt man z. B. auf eine phosphorescirende Platte eine andere noch nicht erregte, so wird auch diese leuchtend. Auf einer und derselben phosphorescirenden Platte breitet sich daher die Lichtwirkung seitlich aus, und greift von den durch directe Strahlung leuchtend gewordenen Theilchen auch auf benachbarte Theilchen über, welche von erregenden Strahlen gar nicht getroffen wurden. In dem phosphorographischen Spectrum werden daher die dunklen Linien, welche auf dem hellen

1) Draper, Philos. Mag. (5) XI. 160. 1881.

Digitized by Google

Grunde erscheinen sollten, durch diese seitliche W
benachbarten leuchtenden Theilchen wieder zum L
bracht und sonach mehr oder weniger verwisch

Dies gilt jedoch, wie ich gefunden habe, n
Gebiet der erregenden Strahlen, wo die Linien
hellem Grunde erscheinen würden, nicht aber für
der auslöschenden Strahlen. Die auslöschende Wir
nämlich nicht nach seitwärts über, und die see
breitung der auf dunklem Grunde stehen gebliebe
Linien wird durch die auslöschende Wirkung, w
Nachbartheilchen ausgesetzt sind, hinreichend in
gehalten.

Diese Beobachtung, welche ich insbesondere hi
der Linie *A* schon früher gemacht hatte[1]), liess er
dass man auf dem Wege der „Phosphoro-Photo
wenigstens im Auslöschungsgebiet, welches den
grössten Theil des Spectrums einnimmt, und besc
Ultraroth, dennoch scharfe Bilder der Fraunhofer'schen
erhalten könne.

Ich veranlasste daher einen meiner Schüler, H
L. Fomm, nach Draper's Methode das phosphorogra
Bild des Spectrums zu photographiren. Die grösste Schwi
keit bot die Herstellung möglichst ebener phosphoresc
Flächen. Herr Fomm hat diese Aufgabe mit grosse
schick gelöst.

Der Erfolg entsprach jener Erwartung. Das
leuchtende Gebiet der erregenden blauen und violet
Strahlen erscheint auf der photographischen Platte
dunkel, ohne scharfe Linien, das Auslöschungsgebiet
gegen hell mit den Fraunhofer'schen Linien, von F
abwärts bis ins Ultraroth, wo jedoch der für Auslösch
fast unempfindliche Zwischenraum, das helle Rechteck Dra

1) Lommel, Wied. Ann. XX. 847. Taf. VII. Fig. 18.

Digitized by Google

ls ein breiter dunkler Streifen sich geltend macht. nthümlichkeit der Substanz, für Strahlen dieser be- Brechbarkeit fast unempfindlich zu sein, erschwert ldung von Linien, welche diesem speciellen Gebiete en. Der Umstand jedoch, dass auch in dieser dunkeln einige noch dunklere Linien wahrgenommen werden, dass auch hier noch auslöschende Wirkung, wenn sehr geringem Grade, vorhanden ist.

on den zahlreichen Aufnahmen des prismatischen ums, welche gemacht wurden, sind auf der beigege- Tafel zwei in Photographiedruck unmittelbar nach riginalplatten reproducirt. Das Spectrum Fig. 1 wurde inem Prisma aus Thalliumglas, dasjenige Fig. 2 mit Flintprisma erhalten. Ersteres erstreckt sich vom roth bis über die Linie *D*, letzteres bis über die Linie aus.

Um die Linien im Ultraroth, welche theils in dem len Gebiet, das in der Phosphorographie dem hellen teck entspricht, theils in dem hellen Theil, wo das ptmaximum der Auslöschung liegt, sich zeigen, mit den andenen Zeichnungen des ultrarothen Spectrums, insbe- dere mit denjenigen Becquerel's[1]) und Abney's[2]), gleichen zu können, wurde folgendes Verfahren einge- lagen. Da die Brechungscoefficienten des Prismas für sichtbaren Fraunhofer'schen Linien bekannt waren, konnten jenigen im Ultraroth unter der Voraussetzung, dass die stände der Linien im Spectrum (das Prisma war bei der ufnahme für die Linie *A* auf das Minimum der Ablenkung ngestellt) den Differenzen ihrer Brechungscoefficienten pro- rtional sind, leicht berechnet werden.

1) Becquerel, Ann. chim. phys. (5) XXX. p. 5. 1883.

2) Abney, Philos. Transact. Vol. 171. p. 653. 1880. Vol. 177. . 457. 1887.

Digitized by Google

Nun haben Herr Wüllner[1]) und ich[2]) gezeigt, dass die Dispersionsformel

$$n^2 - 1 = \frac{a + b\lambda^2}{1 - \frac{\lambda_0^2}{\lambda^2}}$$

ihre für die sichtbaren Strahlen schon früher erprobte Giltigkeit auch im Ultraroth bewahrt, so dass aus ihr nicht nur für jede gegebene Wellenlänge der zugehörige Brechungscoefficient, sondern auch, wenn die Brechungscoefficienten bekannt sind, die zugehörigen Wellenlängen ermittelt werden können.

So ergaben sich für die mit den entsprechenden Buchstaben (Fig. 1) bezeichneten Stellen im ultrarothen Spectrum die folgenden Wellenlängen:

A	760	π	901—910
X_2	857	ϱ	912—927
X_3	869	σ	937—950.

Können diese Zahlen in Anbetracht ihrer indirecten Herleitung einen Anspruch auf grosse Genauigkeit nicht erheben, so genügen sie doch, um die in unserem Spectrum vorkommenden Linien und Liniengruppen mit denjenigen, welche Abney in seinen nach directer Photographie mittels Bromsilberemulsion angefertigten Zeichnungen des ultrarothen Spectrum mit den gleichen Buchstaben bezeichnet hat, als identisch erkennen zu lassen. Bei Abney finden wir nämlich:

A	760	π	905
X_2	854,2	ϱ	930
X_3	866,1	σ	950

Auch im allgemeinen Aussehen stimmt unser ultrarothes Spectrum sehr gut überein mit der Zeichnung, welche Ab-

1) Wüllner, Sitzungsber. d. k. bayer. Ak. d. Wiss. XIV. p. 245. Wied. Ann. XXIII. p. 306. 1884.

2) Lommel, Sitzungsber. d. k. bayer. Ak. d. Wiss. XVI. p. 283. 1886. Wied. Ann. XXX. p. 473. 1887.

Digitized by Google

ney von dem prismatischen Spectrum gibt. Die Linien X_2 und X_3 sind wie in der Abney'schen Zeichnung Einzellinien; auch die von Abney mit Z bezeichneten Linien finden sich auf einigen Platten (Fig. 2) innerhalb des dunklen Raumes angedeutet. Die Linien π, ϱ, σ erscheinen wie bei Abney als Liniengruppen, zu deren Auflösung stärkere Dispersion nöthig wäre. Dagegen gelang es mir nicht, unser Spectrum mit der Zeichnung, welche Becquerel nach einer Phosphorographie auf hexagonaler Blende (künstlich dargestelltem Wurtzit) entwarf, in vollen Einklang zu bringen. Für Linien, welche dem Aussehen und der Gruppirung nach mit den unsrigen etwa übereinstimmen würden, findet man bei Becquerel ganz andere Wellenlängen angegeben.

Ueber die Wellenlänge 950 reicht unser Spectralbild nicht hinaus, weil, wie es scheint, die Balmain'sche Leuchtfarbe für Strahlen grösserer Wellenlänge nicht hinreichend empfindlich ist. Es findet sich eben in demselben nicht nur die Beschaffenheit der Sonnenstrahlung, sondern daneben auch das merkwürdige optische Verhalten der benutzten phosphorescirenden Substanz ausgeprägt.

Lassen sich die beigegebenen Spectralbilder des weniger brechbaren und insbesondere des ultrarothen Spectrums, was die Ausdehnung und die Fülle der Linien betrifft, den grossen Abney'schen Tafeln, welche das Gitterspectrum wiedergeben, auch nicht an die Seite stellen, so dürfen sie doch als die ersten bezeichnet werden, in welchen der Habitus des ultrarothen Spektrums, ohne Dazwischenkunft der Hand eines Zeichners, gleichsam in Naturselbstdruck veröffentlicht wird.

Die Versuche, nach dieser Methode das ultrarothe Spectrum zu photographiren, insbesondere auch das Gitterspectrum, werden im physikalischen Institut der Universität fortgesetzt.

Digitized by Google

Digitized by Google

Ueber die Versetzung der Gattung Henoonia von den Sapotaceen zu den Solanaceen

von L. Radlkofer.

(Eingelaufen 1. Dezember.)

Die von Grisebach im Jahre 1866 nach Materialien von Ch. Wright aus Cuba aufgestellte und den Sapotaceen zugewiesene Gattung *Henoonia* ist nach der im Folgenden darzulegenden Untersuchung der im Herbarium Grisebach befindlichen authentischen Exemplare in die Familie der Solanaceen zu übertragen.

Auch an dieser Richtigstellung hat, wie an der jüngst erst zur näheren Darlegung gebrachten von *Dobinea* Ham.[1]) und wie an der Mehrzahl der in meinen früheren Schriften schon bewerkstelligten[2]), die anatomische Methode

1) Siehe diese Sitzungsberichte 1888 p. 385—395.

2) Sie sind, soweit sie nicht bloss Arten, sondern Gattungen betreffen. im Index Durand, 1888, zum Theile im Texte selbst, zum Theile in den Addendis unter Angabe der betreffenden Originalstellen aufgeführt, zugleich mit solchen, über welche das Nähere erst noch zu berichten ist und in Bälde zur Mittheilung kommen soll. Es gehören zu den letzteren namentlich die aus der Familie der Sapindaceen auszuschliessenden Gattungen *Akania*, *Alvaradoa*, *Aitonia*, *Ptaeroxylon* und *Huertea*, mit deren Betrachtung auch die Stellung der aus dem Verwandtschaftskreise der genannten Familie ebenfalls auszuschliessenden Meliantheen und Staphyleaceen eine entsprechende Beleuchtung unter Berücksichtigung der anatomischen Verhältnisse finden wird.

Digitized by Google

den Hauptantheil, und auch diessmal führte ihre Ar
auf die Vegetationsorgane allein schon
wodurch ihre Leistungsfähigkeit auf das hellste
wird. Die Leistungsfähigkeit der anatomische
zeigt sich in dem gegenwärtigen Falle zugleich
günstigerem Lichte, als es ohne sie kaum gelu
würde, für die Deutung der Gattung *Henoonia*
Solanacee bei den mannigfachen vom Typus der
naceen abweichenden Charakteren derselben die voll
zeugung zu gewinnen. —

Wie bei *Dobinea* war so zu sagen mit dem erste
schnitte des Zweiges auch für *Henoonia* die Fra
ihrer Stellung im Systeme so gut wie entschie

Ein solcher Querschnitt liess nämlich auf den
Blick ebenso das Vorhandensein von *innerem* (
ständigem) Weichbaste erkennen als das Vorh
von sogenanntem Krystallsande in besonderen Zelle
dünnwandigen Parenchyms.

Diese beiderlei Verhältnisse finden sich gleich
nach unseren gegenwärtigen Kenntnissen (sieh *die betre*
den Zusammenstellungen bei Solereder, über den sy
matischen Werth der Holzstructur bei den *Dicotyledo*
1885, p. 28 u. 42) nur bei einem guten Theile der S
naceen (mit Krystallsand in der primären *und secundä*
Rinde, im Marke und im Blatte) und bei gewissen Thy
laeaceen (bei *Lachnaea buxifolia* Lam. mit *Krystallsand*
Marke und im Blatte; ferner bei *Chymococca empetroid*
Meisn., *Funifera utilis* Leandro und *Drimyspermum ambiguu*
Meisn. in Rinde und Mark — nach noch nicht veröffe
lichten Untersuchungen Solereder's über die Zweigstructu
für welch letztere aber, ganz abgesehen von den Charakter
der Blüthe und des Habitus, zugleich das Auftreten reich
licher seidenartiger Bastfasern durch die ganze sec
däre Rinde hindurch charakteristisch ist, während bei

Digitized by Google

Henoonia nur weit auseinander gerückte kleine Gruppen von dickwandigem Baste und nur an der Grenze von primärer und secundärer Rinde sich finden.

Somit war durch die blosse Untersuchung eines Zweigquerschnittes die grösste Wahrscheinlichkeit gewonnen, dass *Henoonia* nicht eine Sapotacee, sondern eine Solanacee sei — eine an Gewissheit grenzende Wahrscheinlichkeit, doch noch nicht die Gewissheit selbst — denn soweit ist ja die anatomische Methode, trotz der zahlreichen Förderer, die sich dieselbe bereits gewonnen hat, noch nicht durchgebildet, dass als schon feststehend betrachtet werden könnte, eine Combination der oben angeführten beiden Structureigenthümlichkeiten sei für jede andere Familie als die der Solanaceen und Thymelaeaceen ausgeschlossen. Es lag vielmehr die Frage nahe, ob nicht bei irgend einer Familie, für welche bisher nur die eine jener Structureigenthümlichkeiten nachgewiesen war, auch die andere innerhalb einer engeren oder weiteren, darauf zufällig noch nicht geprüften Gruppe von Gliedern vorhanden sei, und es war somit durch die weitere Untersuchung zu eruiren, ob *Henoonia* auch in ihren übrigen Verhältnissen mit den Solanaceen genügende Uebereinstimmung zeige, um als solche betrachtet werden zu können oder ob sie darnach vielmehr mit einer jener anderen Familien, für welche vorderhand nur eine der erwähnten Structureigenthümlichkeiten bekannt geworden ist, wie z. B. gerade für die Sapotaceen das Vorkommen von Krystallsand nach einer Angabe von Möller über die Monesia-Rinde[1]), mehr Zeichen natürlicher Verwandtschaft gemein habe.

---

1) Sieh Möller, Anatomie der Baumrinden, 1882, p. 194. — Die Nachuntersuchung einer von Gehe bezogenen Probe der bekanntlich von einer Sapotacee (*Pradosia lactescens* m. in Durand Ind. Gen. 1888, p. 501 — sphalmate „*P. lutescens*“ — cum synonymis: *Pometia lactescens* Vell., 1825; *Chrysophyllum Buranhem* Riedel, 1839; *Chry-*

Digitized by Google

Ich will in der folgenden Darlegung dem Le die ganze Reihe jener Mühseligkeiten zu kose welche durchzumachen waren, um die eben er Fragen in ausreichender Weise zu beantworten, und auch nicht fühlen lassen, welche Schwierigkeiten winden waren, um von den irrigen Beobachtunge die Einstellung der in Rede stehenden Pflanze bei potaceen veranlasst hatten, wie namentlich di meintliche Epipetalie der Staubgefässe wahren Sachverhalte zu gelangen.

Diese Schwierigkeiten waren um so grösser, Material ein ausserordentlich mangelhaftes war.

Schon Grisebach hat darüber geklagt, da vollentwickelte Blüthen nicht zu Gebote standen, einerseits nur jugendliche Blüthenknospen und and jüngere oder ältere Entwickelungszustände der *Frucht* structura ex gemmis minutissimis aut ovario post a observatis nondum patet" Catal. Pl. Cubens. *1866.* P Seitdem war das mir durch Herrn Prof. Peter gütig Verfügung gestellte Material des Herb. *Grisebach* auch durch eine andere Hand gegangen, durch die Hand Pi nämlich, welcher Zeichnungen einer *analysirten* Blü knospe und eines in der Fortbildung befindlichen Fr

---

sophyllum glycyphloeum Casar., 1842; *Lucuma glycyphloea* & Eichl., 1863; *Pradosia glycyphloea* Liais, 1872; *Pouteria* lact Radlk. 1881) herrührenden Monesia-Rinde ergab eine Bestätigu Angabe Möller's, jedoch mit dem Unterschiede, dass der Krystal nur in vereinzelten Zellen des Bastparenchyms zu finden war, w rend nach Möller das Bastparenchym „ziemlich *reichlich* mit Krys sand erfüllt" sein soll. Reichlich erfüllt zeigte sich dagegen das Ba parenchym mit Stärke, deren Möller keine Erwähnung gethan h In allen übrigen Punkten stimmte die Rinde von Gehe ganz mit d Angaben von Möller überein, so dass kein Zweifel über ihre Identi mit Möller's Monesia-Rinde besteht.

Digitized by Google

knotens aus einer ihrer Blumenkrone bereits entledigt gewesenen Blüthe dem Herb. Grisebach einverleibt hat.

Mir war so von Blüthenmaterial ausser ein Paar der allerjüngsten Blüthenknospen nichts geblieben als das, was schon Anderen zur Analyse gedient hatte.

Aber auch über diese Schwierigkeit half das anatomische Messer hinweg, und es war vielleicht gerade der Umstand ein günstiger, dass hier an ein anderes Studium der Blüthe, als das an successiven Querschnitten derselben unter dem Mikroskope, nicht mehr zu denken war.

An derartigen Querschnitten liess sich nämlich mit aller nur wünschenswerthen Deutlichkeit erkennen, dass bei gleicher Zahl (Fünfzahl) der Blumenkronentheile und der Staubgefässe, die letzteren mit den ersteren regelmässig alterniren, nicht also, wie Grisebach angegeben hatte, und wie Pierre in Uebereinstimmung mit dieser Angabe in der erwähnten Zeichnung dargestellt hatte[1]), epipetal sind. Nur wenn auf 5 Kronentheile (denen gelegentlich, wie hier nebenbei erwähnt sein mag, 6 Kelchtheile vorausgehen) nur 4 Staubgefässe folgen, wie ich das bei einer der Blüthenknospen beobachtet habe, findet eine Verschiebung der Staubgefässe in soweit statt, dass die dem fehlenden benachbarten den durch jenes frei-

1) Es darf diess hier wohl erwähnt werden, da ja die Folge davon, die Erhaltung der Gattung *Henoonia* in ihrer Stellung bei den Sapotaceen durch Pierre ihren Weg bereits in die Oeffentlichkeit gefunden hat, nämlich in einer systematischen Uebersicht der Sapotaceen, welche Pierre als vorläufiges Resultat seiner Studien über diese Familie an L. Planchon mitgetheilt hat und welche dieser mit Erlaubniss Pierre's seiner vor kurzem erschienenen Schrift über die Producte der Sapotaceen (Montpellier 1888) einverleibt hat. In dieser Uebersicht ist *Henoonia* in der Tribus der Sideroxyleen und unter *Sideroxylon* selbst nach Art eines Synomymes angeführt.

Digitized by Google

gelassenen Raum für ihre Entwicklung ausnützen
halb nahezu vor zwei Kronentheile zu stehen kom

Doch über Blüthe und Frucht mag das
später folgen.

Für jetzt kehre ich zurück zu den anatom
Verhältnissen, um zuerst aus diesen die Natu
Rede stehenden Pflanze ersichtlich zu machen.

Dabei begnüge ich mich, ohne den Leser die g
Umwege selbst auch durchmachen zu lassen, in k
das zusammenzustellen, was zur Befestigung der gl
fangs, wie berichtet, aus der Beobachtung des in
Weichbastes und des Krystallsandes gew
Wahrscheinlichkeit, dass Henoonia zu den S
ceen und nicht zu den Sapotaceen zu rechn
besonders beigetragen hat.

Es ist das Folgendes:

1. Nirgends, weder bei der Untersuchung v
und Blatt, noch bei der daran angeschlossenen mikr
schen Untersuchung der Blüthe (im Knospenzustande
der Frucht zeigte sich ein den Milchsaftschläuc
der Sapotaceen entsprechendes Organ.

2. An keinem Theile waren die den Sapota
eigenen zweiarmigen Haare bemerkbar.

3. Dagegen finden sich, wie sie den Solanac
im allgemeinen zukommen, gegliederte, einreihi
Haare, deren Endglied hier aus einer stärker verdick
zugespitzten Zelle besteht, während die übrigen Glieder dün
wandig sind. Nicht selten ist bei Henoonia nur eine sol
dünnwandige Gliederzelle vorhanden, eingeschoben zwische
eine kurze und schmale Stielzelle und die Endzelle, eine kl
Gelenkzelle bildend, welche die Endzelle dadurch zum le
schmiegen an das behaarte Organ bringt, dass sie an der
äusseren (vom Organe abgewendeten) Seite stärker als a
der inneren entwickelt ist. Ein besonderer gelber Inhalt

Digitized by Google

et diese Gelenkzellen aus, wie das nicht selten auch ie eine oder andere Gliederzelle der Solanaceen-Haare aupt der Fall ist. An den Blüthentheilen erscheinen Haare durch gänzliches Fehlen der Gliederzellen und cirung auf die spitze Endzelle noch mehr vereinfacht. weitest gehende Vereinfachung endlich zeigen an der en Blattfläche auftretende kurze Haare, welche mit ihrer s zu einer an Grösse den übrigen nachstehenden Epi- niszelle sich erweitern und, wie sonst die Stiele der re, nur eine enge Protuberanz dieser Epidermiszellen stellen, gleichsam also spitzig gewordene und nun für sich in das Haar bildende Haarstiele.

4. Die den Solanaceen ebenfalls ganz allgemein zu- nmenden Drüsenhaare mit einem aus einer einfachen lreihe bestehenden Stiele und wenigzelligem Köpfchen den sich auch bei Henoonia, namentlich an der Unterseite r Blätter. Den Sapotaceen dagegen fehlen, soviel jetzt bekannt, solche Drüsenhaare gänzlich.

5. Die Epidermiszellen des Blattes sind an essen Oberseite, wie gewöhnlich bei den Solanaceen, nit wellig gebogenen, buchtigen Seitenrändern versehen, was brigens auch bei manchen Sapotaceen der Fall ist (z. B. *Pouteria Caimito* Radlk.).

6. Nahe der Epidermis findet sich an beiden Seiten des Blattes, wie nach dem gleich eingangs Bemerkten im dünnwandigen Parenchyme des Zweiges, und wie das unter den Solanaceen z. B. auch für *Lycium* der Fall ist, Krystallsand in besonderen Zellen. In der Mitte des- selben ist hier gewöhnlich eine Krystalldruse eingebettet, ein gleichzeitiges Vorkommen von Krystallsand und Krystall- drusen, welches meines Wissens bisher noch nirgends die entsprechende Hervorhebung gefunden hat, welches übrigens auch anderen Solanaceen nicht fremd zu sein scheint. Ein Beispiel hiefür liefert der Blattstiel von *Datura Stramonium*,

Digitized by Google

für welchen schon Vesque ein gleichzeitiges Vorkommen von Krystalldrusen und Einzelkrystallen mit Krystallsand erwähnt hat, ohne sich jedoch deutlich darüber auszusprechen, ob es sich dabei um ein gleichzeitiges Auftreten in derselben Zelle[1]) oder nur in demselben Organe, aber in besonderen Zellen, handle (sieh Vesque, Charactères des Gamopétales etc., Ann. Sc. nat., VII. sér., I, 1885, p. 301). Auch der letzt gedachte Fall scheint kein häufiger zu sein und scheint für die betreffenden Pflanzen etwas Charakteristisches darzustellen. Er findet sich nach Möller (Anatomie der Baumrinden, 1882, p. 323, 422 und 433 Anmerkung) bei *Simaruba excelsa* DC. (Zellen mit Drusen und Zellen mit Einzelkrystallen neben solchen mit Krystallsand), bei *Sambucus*, *Tectonia* und der oben (pag. 407) bereits erwähnten, früher auf *Chrysophyllum* bezogenen Monesia-Rinde (Zellen mit Einzelkrystallen neben solchen mit Krystallsand).

7. Der auf der inneren Seite der Gefässbündel befindliche (markständige) Weichbast ist bei *Henoonia*, wie das namentlich bei den Solanaceen der Fall ist (sieh Solereder, Holzstructur etc. p. 31), von Hartbastfasern begleitet.

8. Der innere Weichbast findet sich auch an den in einen Kreis gestellten, eine kleine Höhlung umschliessenden Gefässbündeln des Mittelnerven im Blatte, auch hier von einzelnen Hartbastfasern be-

---

1) Ein derartiges Auftreten in ein und derselben Zelle kam auch bei der oben schon erwähnten Thymelaeacee *Drimyspermum ambiguum* Meisn. zur Beobachtung. Es finden sich hier in der primären Rinde neben Zellen mit je einer Krystalldruse auch solche, welche zugleich Krystallsand enthalten, und in ähnlicher Weise in der secundären Rinde und im Marke neben Zellen, welche je einen säulenförmigen Krystall umschliessen, auch solche, welche überdiess noch Krystallsand führen; ausserdem im Marke auch noch Zellen mit Krystalldrusen.

Digitized by Google

gleitet. Ein durchaus übereinstimmendes Verhalten zeigten mir unter den Solanaceen daraufhin untersuchte Arten der Gattung *Cestrum*. Andere Solanaceen, wie Arten von *Lycium*, verhalten sich anders.

9. Was die Holztheile der Gefässbündel des Zweiges betrifft, so sind die Zwischenwände der Gefässe bei *Henoonia* mit einer einfachen runden Durchbrechung versehen, wie das bei den Solanaceen der Fall ist. Leiterförmige Durchbrechungen, wie sie bei manchen Sapotaceen, namentlich in der Nähe des primären Holzes, beobachtet worden sind (sieh Solereder l. c. p. 167), sind nicht vorhanden.

Das Holzparenchym ist nicht, wie bei den Sapotaceen in tangentiale Binden geordnet.

Das Holzprosenchym ist nicht, wie bei den Sapotaceen, mit einfachen Tüpfeln versehen, sondern mit Hoftüpfeln, wie das unter den Solanaceen für die Abtheilungen der Atropeen (*Lycium* etc.), Cestrineen und Salpiglossideen der Fall ist (sieh Solereder l. c. p. 193).

10. Die Bildung des Korkes, welcher von weisser Farbe ist, wie bei den Arten von *Lycium* und *Cestrum*, nimmt ihren Anfang in der äussersten Rindenzellenlage, wie das nach Möller (Anatomie der Baumrinden, 1882, p. 177) auch bei *Cestrum*, nicht bei *Lycium* stattfindet.

11. Die Pflanze besitzt, wie schon eingangs erwähnt, kleine Gruppen von Hartbastfasern an der Grenze der primären und secundären Rinde — im sogenannten primären Baste. Primäre Bastfasern besitzt auch *Cestrum*; bei *Lycium* und anderen Solanaceen fehlen sie.

Alle diese Momente enthalten übereinstimmend eine Bestätigung für die aus der Beobachtung des markständigen Weichbastes und des Vorkommens von Krystallsand in der Rinde gewonnene Ansicht, dass *Henoonia*

Digitized by Google

nicht zu den Sapotaceen, vielmehr zu den naceen zu rechnen sei.

Aber nicht bloss das, sondern es enthalten die mente auch schon deutliche Fingerzeige, an welche in der Familie der Solanaceen, bei welcher I und neben welcher Gattung *Henoonia* ihren Pl finden habe — nämlich in der Tribus der Cestr und zwar neben *Cestrum* selbst, obwohl der Hab Pflanze, von welchem bisher noch nicht die Rede w durch welchen die Pflanze zunächst an gewisse Ar Gattung *Lycium* erinnert, weit mehr als an die vo sebach damit verglichene Myrsineen- (resp. I phrasteen-) Gattung *Monotheca* A. DC. (das is *tonia* A. DC. mit der einzigen, dem arabisch-bactr Gebiete angehörigen Art *R. buxifolia* A. DC.) eine nähere Beziehung zu *Lycium* als zu *Cestrum* vermut lassen möchte, und obwohl auch hinsichtlich des Auftre des Krystallsandes *Henoonia* sich in Uebereinstimmung *Lycium* befindet, während nach den bisherigen Unters ungen Krystallsand bei der Gattung *Cestrum* fehlt.

Für die Zugehörigkeit zu den Cestrineen die nahe Verwandtschaft mit *Cestrum* selbst spricht nach dem Vorhergehenden ebenso, wie, abgese von dem zunächst zu nennenden Momente, gegen eine näh Beziehung zu *Lycium*, das hofgetüpfelte Holzprosench das Auftreten von primären Hartbastfasern, die Bildun weise des Korkes und die so ganz mit *Cestrum* übereinstim mende Structur der Mittelrippe des Blattes.

Dafür sprechen aber zugleich auch gewisse Eige schaften der Blüthe und der Frucht, auf deren Betrachtung uns dieser Umstand nun hinüberleitet und a denen sich, wie einerseits zu *Cestrum*, so andererseits zu de mit *Cestrum* selbst wieder zunächst verwandten Gattung *Götzea* nahe Beziehungen zu erkennen geben.

Digitized by Google

Dabei sehe ich übrigens für *Götzea* von Grisebach's angeblich verbessertem Gattungscharakter ab, da die Grundlage zu den von Grisebach im Catal. Pl. Cubens., 1866, p. 190 vorgenommenen Aenderungen, die als *Götzea amoena* von Grisebach bezeichnete Pflanze, nach dem von ihm beigefügten Synonyme „*Espadaea* Rich. Cub. t. 65" und nach den Bemerkungen in Benth. Hook Gen. II, p. 1148 und 1244 nichts anderes ist, als die wahrscheinlich zu den Verbenaceen gehörige *Espadaea amoena* A. Rich. Flor. Cubens., 1845—55, tab. 65.

Ich hebe in der besagten Hinsicht Folgendes hervor.

1. Der Kelch von *Henoonia* ist röhrig-glockig mit in der Regel 5-zähnigem Saume, unter der Frucht zerschlitzt — in allen diesen Stücken dem von *Cestrum* durchaus ähnlich. Mitunter tritt derselbe aber auch sechsgliederig auf, dadurch dem von *Götzea* sich nähernd, wobei dann der eine Kelchtheil kleiner und schmäler ist als die übrigen. Auch die Nervation des Kelches ist der bei *Götzea* (nach der Zeichnung von Wydler, Linnaea, V, tab. VIII, fig. d) ähnlich, ähnlicher als der von *Cestrum*, indem sich, wie bei der Untersuchung von der Innenseite deutlich zu sehen ist, für jeden Kelchtheil von dem Mittelnerven an dessen Basis oder noch vor dessen Eintritt in den Kelchtheil beiderseits ein starker Randnerv abzweigt, mit welchem der Mittelnerv durch kleine Seitennerven in Verbindung steht. Bei *Cestrum* pflegen dem Rande, resp. der Verwachsungsstelle der Kelchtheile zustrebende Seitennerven erst viel höher und in viel geringerer Stärke zur Abzweigung zu kommen oder auch ganz zu fehlen.

2. Die Blumenkrone scheint stets nur fünfgliedrig zu sein, auch bei sechsgliedrigem Kelche. Der eine Kronentheil erscheint im letzteren Falle etwas verbreitert und nimmt, während die übrigen mit den Kelchtheilen alterniren, auch den Raum vor dem überzähligen Kelchtheile ein. Zugleich

Digitized by Google

ist derselbe, während die übrigen Kronentheile in der Blüthenknospe nur einen medianen Nerven besitzen, von zwei Nerven durchzogen, welche den Raum vor dem Mittelnerven des überzähligen Kelchblattes frei lassen und so zu sagen diesem Nerven durch seitliche Stellung (wahrscheinlich schon in dem Blüthenstiele) ausweichen. Der ausgewachsenen Blumenkrone kommt nach dem einzigen im Hb. Grisebach vorhandenen, unter den Resten früherer Analysen vorgefundenen und der Behaarung gemäss sicher hieher gehörigen Fragmente eine Röhre von 2 mm Länge zu. Von den Lappen des Saumes fand sich nur einer mehr vor, abgelöst von der Röhre (wahrscheinlich sammt einem Stücke dieser), 4 mm lang, 1,5 mm breit, auf der Aussenseite kurz und fein filzig. Die Frage nach gleicher oder ungleicher Länge und Breite der Kronenlappen, oder mit anderen Worten, nach regelmässiger oder symmetrischer Gestaltung der Krone war an diesen Fragmenten nicht mehr mit Sicherheit zu entscheiden. Der Blüthenknospe nach scheint die Krone actinomorph zu sein.

3. Das Andröcium erscheint in der Regel mit der Krone gleichgliedrig und seine Glieder, wie schon oben im Gegensatze zu den Angaben von Grisebach und Pierre bemerkt worden ist, mit den Kronentheilen alternirend[1]);

1) Ich will nicht unbemerkt lassen, dass es nach den Worten und Zeichnungen von Wydler (Linnaea V, 1830, p. 424, tab. VIII) scheinen könnte, als seien bei *Götzea* die Staubgefässe epipetal, das heisst den Kronentheilen gegenüberstehend. Derselbe gibt nämlich an: „Stamina sex, epipetala, basi corollae inserta, maxima parte libera, exserta". Aber hier soll das Wort „epipetal" wohl nur die Verwachsung der Staubgefässe mit der Blumenkrone hervorheben, und das Weitere den Ort und die Erstreckung der Verwachsung näher bestimmen. Dass ferner der Zeichner bei der von innen (nicht auch bei der von aussen) dargestellten, aufgeschlitzten Krone die Staubgefässe vor die Kronentheile gelegt hat, ist wohl nur ein Zufall. Mit Recht scheinen Benth. & Hook. in Gen. II, p. 1244 darüber hinweggegangen zu sein.

Digitized by Google

doch kommt auch eine Verminderung der Staubgefässe auf 4 vor, wobei zwei, wie schon oben erwähnt, in der Knospe annähernd vor 2 Kronentheile treten und darin scheint sich eine Neigung zu symmetrischer Blüthenbildung kund zu geben, was auf eine intermediäre Stellung der Gattung zwischen den Cestrineen und den Salpiglossideen hindeuten würde. Die Staubgefässe scheinen nach dem Verhalten des schon vorher erwähnten Restes einer entwickelten Blumenkrone den Schlund dieser zu überragen und 4 mm Länge zu besitzen. Zwei abgefallene Antheren zeigten spitz-eiförmige Gestalt mit einer herzförmigen Bucht an der Basis und ein ziemlich dickes Connectiv mit vielen netzförmig verdickten Zellen in demselben, worin sich wieder eine Annäherung an die Verhältnisse bei der Gattung *Cestrum* erkennen lässt.

4. Das Gynöcium zeigt in so ferne erhebliche Abweichungen von den bei den Solanaceen im allgemeinen vorkommenden Verhältnissen, als dasselbe einfächerig ist und nur eine einzige an dem untersten Theile der Fruchtwand befestigte, aufsteigende und, so viel sich erkennen liess, mehr gekrümmte als anatrope Samenknospe besitzt, mit an der Basis befindlicher Micropyle, welche Samenknospe sich zu einem als eiweisslos bezeichneten Samen entwickelt mit geradem aufrechtem Keimling, dessen Cotyledonen ziemlich flach und breit sind und dessen Würzelchen kurz und an der Basis des Samens gelegen ist.

Für diese Verhältnisse scheinen sich übrigens doch, wenigstens grossentheils, unter den Solanaceen Seitenstücke zu finden, theils bei der Gattung *Cestrum*, theils bei *Götzea*, so dass dadurch die in ihnen gelegene Anomalie wesentlich abgeschwächt wird und nicht mehr als ein Hinderniss erscheint für die Einreihung der Gattung bei den Solanaceen.

So findet sich eine ganz übereinstimmende Gestalt und Lagerung des Embryo bei Arten von *Cestrum*, bei welcher Gattung auch die Frucht gelegentlich einsamig ist, gleich-

Digitized by Google

wie auch bei *Götzea* und bei Arten von *Lyc*
Samenknospen weiter finden sich wenigstens f
des allerdings zweifächerigen Fruchtknotens v
auch bei *Götzea*, gemäss der fragweise ausgesproch
von Wydler, und sicher bei *Sclerophylax*, bei d
Gattungen aber allerdings nicht in aufsteigende
hängender Lage. Aufsteigend aber, mit nach unt
Micropyle, sind die auch nur in geringer Zahl
Samenknospen von *Cestrum*.

Was weiter noch von besonderer Wichtigkei
Same von *Henoonia*, welchen Grisebach al
bezeichnet hat, entbehrt doch wohl nicht gänzlich
dospermes, wie es auf den ersten Blick allerding
schein hat. Bei einem schon einmal der Untersu
anderer Seite unterworfen gewesenen Samen f
nämlich unter dem Mikroskope zwischen den C
im befeuchteten Zustande gallertartige Reste eines
Albumen deliquescens, welche an dem in W
weichten Samen einer jüngeren Frucht auch dem
neten Auge sich deutlich zu erkennen gaben.

Mit dieser Wahrnehmung ist wohl das Hauptbi
welches einer Anerkennung der Gattung *Henoonia* al
der Solanaceen sich hätte entgegenstellen könn
seitiget.

Als hauptsächlichste Anomalie bleibt also nur
die Einfächerigkeit des Fruchtknotens bestehen.
Anomalie aber unter den Sapotaceen keine geringe
wesen wäre, als sie es unter den Solanaceen ist
wenn man ihr dort die nahe Verwandtschaft der Sap
ceen mit den Myrsineen hilfreich zur Seite stellen
(sieh Grisebach l. c. p. 116 „Genus *Sapoteas* cum M
sineis connectens" und p. 167: „in Sapoteis ovario ad s
turam Monotheca etiam simpliciorem reducto anomal
so kann nunmehr mit ebenso viel Recht auf die nahe V

Digitized by Google

wandtschaft der Solanaceen mit den Scrophularineen hingewiesen werden, bei welchen ein wenigstens nur unvollständig zweifächeriger Fruchtknoten bei mehr als einer Gattung sich findet *(Limosella, Glossostigma)*. Bei *Henoonia* scheint überdiess der einfächerige Fruchtknoten, wie aus der nicht ganz centralen Stellung des an der Frucht sich findenden, etwas gekrümmten Schnabels zu schliessen ist, aus einem Fruchtblatte gebildet zu sein, nicht aus einem Kreise von Fruchtblättern, wie bei den Myrsineen, denen zugleich eine centrale Placenta zukommt, während diese bei *Henoonia* deutlich eine an der Basis des Fruchtknotens seitenständige ist. All das lässt sich viel leichter aus einer schon in der Blüthe, anstatt wie bei *Götzea* (nach den Angaben von Wydler), während der Fruchtbildung auftretenden Verkümmerung des einen der den Solanaceen gewöhnlich zukommenden zwei Fruchtblätter, resp. Fruchtfächer, erklären, als die Bildung eines solchen Fruchtknotens, wie ihn *Henoonia* zeigt, aus einem ganzen Kreise von Fruchtblättern unter Ausbleiben der Scheidewandbildung nach Art desjenigen der Myrsineen. Ausserdem ist bei der nahen Verwandtschaft der Solanaceen und Scrophularineen von Bedeutung, dass auch bei den letzteren das Albumen gelegentlich nur sehr spärlich auftritt oder, den Angaben der Autoren gemäss, geradezu auf Null reducirt ist (sieh Benth. Hook. Gen. II, p. 913, 915).

Es sei dem über die Blüthentheile Gesagten, um auch ein denselben gemeinsames anatomisches Moment gebührend hervorzuheben, noch hinzugefügt, dass in ihrem Gewebe (dem Befunde an der Blüthenknospe gemäss) reichlich Zellen mit Krystallsand eingelagert sind, wie in Axe und Blatt, ein Verhalten, das dem anderer Solanaceen vollkommen entspricht. —

Ich schliesse diese Betrachtung, indem ich die mitgetheilten Beobachtungen in eine kurze Charakteristik der

Digitized by Google

Pflanze zusammenfasse und indem ich für die Bes
Sammlung von Wright noch die Bemerkung beifü
unter derselben Nummer 2940, welche von Grise
Cat. Plant. Cub. für *Henoonia* angegeben ist – di
weise des Hb. Grisebach gemäss aber nur in Fol
Druckfehlers statt „2930" — auch *Forestiera* ca
Poir. zur Ausgabe gelangt ist, was zur Vermeidu
flächlicher Verwechslungen nicht ausser Acht zu la

Die Charakteristik ist folgende:

Henoonia Griseb. (Cat. Pl. Cub., 1866, p
Solanacearum genus germine 1-loculari anomalum
rufescenti-tomentellus, parvus, tubuloso-campanulatus,
dentatus, aestivatione valvatus vel subapertus, sub fruct
fissus. Corolla extus puberula, 5-loba, lobis valvatis. S
corollae tubo adnata, lobis alterna, breviter exserta: an
cordato-ovatae, acutae, introrsae, connectivo crassiuscul
apiculato. Germen superum, ovoideum, tomentellum,
lare; gemmula solitaria, ad basin lateraliter affixa, adsc
anatropo-campylotropa, apotropa, rhaphe brevi, mic
infera; stylus subnullus; stigma sessile, punctiforme.
vum, rufo-pilosum. Bacca subglobosa-ovoidea, apice in re
curvum producta, puberula, pericarpio tenui, 1-sp
Semen ovatum, testa coriacea, albumine deliquescente de
evanido. Embryo rectus, cotyledonibus subfoliaceis ra
sulis ovatis, radicula brevi infera. — Frutex rigens. Ra
subere albido tecti, in cortice primario et secundario
non in medulla hic illic cellulas pulvere calcii oxalici rep
gerentes, circa medullam quoque libro et fibros sclerenc
maticos fovente instructi; ramuli juveniles foliaque nov
induplicata extus rufo-pubescentia. Folia alterna, nec non
ramulis abbreviatis nodiformibus supra foliorum cicatrices
teralibus fasciculata, sicca decidua, lanceolato- vel subobova
oblonga, subacuta et mucronulata, brevissime petiolata, marg
integerrima et subrevoluta, chartacea, haud procul ab ap

Digitized by Google

dermidis utriusque cellulis undulato-marginatis utriculos calcii oxalici crystallis conglobatis pulvereque repletos hic illic foventia, nervo mediano intus quoque libro instructo infra medium valido subtus prominente, oblique reticulato-venosa, supra glabra nitidula, subtus pilis raris articulatis glandulisque minutissimis articulato-stipitatis adspersa et ad nervum medianum rufo-puberula. Flores in ramulis abbreviatis glomerati vel subsolitarii, subsessiles. —

Species 1: Henoonia myrtifolia Griseb. (l. c. p. 167): Rami floriferi diametro 2 mm; folia 2 – 3 cm longa, 8—10 mm lata, calyx 2,5 mm longus; bacca (sicca) 1 cm longa, 8 mm lata, rostro 3—4 mm longo terminata. — In Cuba orientali, ad Rio Toro; Wright n. 2930! (in Herb. Griseb., nec 2940, ut in Cat. Pl. Cub. p. 167 indicatur, sub quo numero Forestiera cassinoides Poir. intelligenda est fide ejusdem catalogi p. 169.)

Digitized by Google

Digitized by Google

Ueber Lithionit-Granite mit besonderer Rücksicht auf jene des Fichtelgebirges, Erzgebirges und des nördlichen Böhmens

von F. v. Sandberger.

(*Eingelaufen 1. Dezember.*)

I. Theil.

Wer von dem Erzgebirge kommend in die Central-Gruppe des Fichtelgebirgs eintritt, dem wird die grosse Aehnlichkeit der Gesteine sofort auffallen, welche die Hauptmasse beider Gebirge zusammensetzen. Je tiefer er in die Sache eindringt, desto mehr zeigt sich der erste Eindruck den Thatsachen entsprechend. Bei weiterem Verfolgen der Gesteine nach dem nördlichen Theile von Böhmen stellt es sich ferner heraus, dass auch das sog. Tepler und Karlsbader Gebirge nebst dem Kaiserwald zu diesem ursprünglich auch räumlich zusammenhängenden Complexe gezogen werden müssen. Dagegen sind Böhmer- und bayerischer Wald nach meinen seit 1883 fortgeführten Untersuchungen aus wesentlich verschiedenen Gesteinen zusammengesetzt und stehen daher den erwähnten Gebirgen fremd gegenüber. Was jenen gemeinsam und für sie charakteristisch ist, eigenthümliche Gneisse und Lithionit-Granite, fehlen den letzteren völlig. Die wissenschaftliche Begründung dieser Auffassung ergibt sich aber erst aus einer eingehenden Erörterung über die hier in Frage kommenden Gesteine und wird daher erst nach dieser wieder zur Sprache kommen.

Digitized by Google

Die allgemeine Grundlage, auf welcher sich im Fichtelgebirge die jüngeren krystallinischen Schiefer aufbauen, bildet Gneiss von einem sich merkwürdig gleichbleibenden petrographischen Habitus, der in der Regel die Bezeichnung „flaserig" in Folge seiner zu langgestreckten Bändern zusammengehäuften Glimmer-Aggregate vollkommen verdient. So findet man ihn am östlichen Rande des Lithionit-Granit-Zuges auf bayerischem Gebiete von Bischofsgrün und der Platte im höchsten Theile des Gebirges über Vordorf, Wunsiedel, Weissenstadt, Selb und Asch, wenn auch zuweilen durch Granit unterbrochen, bis nach Schönberg im Voigtlande und dann wieder in weiter Ausbreitung im Erzgebirge, wo er fast auf keiner der Sectionen der neuen geologischen Karte von Sachsen vermisst wird.

Betrachtet man diesen Gneiss genauer, so zeichnet er sich ausser den erwähnten langgestreckten und nicht selten wellenförmig gebogenen Zonen eines in frischem Zustande fast schwarz erscheinenden Glimmers noch durch die feinkörnige Struktur der zwischen ihnen eingeschalteten aus Feldspathen und Quarz gemengten Grundmasse aus. Kleinschuppiger weisser Glimmer spielt in ganz frischen Gesteinen nur eine untergeordnete Rolle, nimmt dagegen an Menge in in Zerzetzung begriffenen beträchtlich zu und ist in diesem Falle jedenfalls z. Th. Neubildung auf Kosten der Feldspathe.

Von accessorischen Bestandtheilen ist Magnetkies in mikroskopischen Pünktchen überaus häufig eingemengt und verräth sich in dem frischen Gesteine durch seinen starken Metallglanz, Magnetismus und die Schwefelwasserstoff-Entwickelung mit Salzsäure, in dem mehr oder minder zersetzten durch rostgelbe Flecken. Turmalin ist nicht überall häufig und auch meist nur in mikroskopischen Säulchen eingewachsen, ebenso Zirkon und Rutil. Cordierit scheint nur von v. Gümbel[1]) als Seltenheit bei Wunsiedel beobachtet zu sein.

1) Geogn. Beschreibung des Fichtelgebirges S. 308.

Digitized by Google

der von Sauer[1]) neuerdings bei Freiberg nachgewiesene mikroskopische Staurolith dürfte sich dagegen bei genauer Untersuchung weiter verbreitet zeigen. Die im Erzgebirge von mir hin und wieder beobachteten Mikrolithe von Uranpecherz scheinen nur local aufzutreten, im fichtelgebirgischen Gneisse habe ich sie vergeblich gesucht.

Eine besondere Abänderung dieses Gneisses stellt der sog. Augengneiss dar, welcher in dem ganzen hier besprochenen Gebiete gefunden wird. So tritt er z. B. schon in dem höchsten Theile des centralen Fichtelgebirges zwischen Granit eingeklemmt an dem Nosser und der Farnleite auf und findet sich stellenweise in dem ganzen Verbreitungsgebiete, sehr schön z. B. bei Biebersbach auf bayerischem Gebiete, aber ebensowohl auch in den sächsischen Sectionen Brambach, Elster, Schwarzenberg, Marienberg, Annaberg, Elterlein, Geyer u. s. w. Die sog. Augen desselben sind hasel- bis wallnussgrosse rundliche Orthoklas-Knauer, welche entweder nur aus einem Individuum bestehen oder Zwillinge darstellen.

Der dunkele Glimmer der Gneisse erweist sich in dünnen Blättchen mit kaffeebrauner Farbe durchsichtig und ist nach Scheerer optisch zweiaxig mit kleinem Axenwinkel. Vor dem Löthrohr schmilzt er unter Gelbfärbung der Flamme nicht sehr schwer zu schwarzem nicht magnetischem Email und wird von heisser Salzsäure nach längerer Einwirkung völlig zersetzt. Die Hauptbestandtheile sind schon vor Jahren von Scheerer[2]) quantitativ bestimmt worden, wie folgt:

Kieselsäure	37,50
Titansäure	3,06
Thonerde	17,87
Eisenoxyd	12,93
Eisenoxydul	9,95
Manganoxydul	0,20

1) Erläuterungen zu Section Freiberg S. 11.

2) Zeitschr. d. deutsch. geol. Gesellschaft Bd. XIV. S. 56 ff.

Digitized by Google

Kalk	0,45
Bittererde	10,15
Kali	0,83
Natron	3,00
Wasser	3,48
	99,42

Der Glimmer ist hiernach ein Eisen-Magnesia-b… mit auffallend hohem Gehalte an Natron und T… und sehr geringem an Kali.

Dazu kommen noch die in je 10 g des reinen… mikroskopisch und chemisch als frei von Erz-Einmen… erkannten Glimmers von zahlreichen sächsischen F… nachgewiesenen weiteren Bestandtheile: Arsen, Blei, … Kupfer, Zinn, Kobalt, Nickel, Fluor und Borsäure[1]). … 30 g wurde überdiess von Herrn Hauptprobirer Ma… Přibram 0,0008 – 0,0011 proc. Silber nachgewiesen[2]). … dunkelen Glimmern der fichtelgebirgischen Gneisse … Blei und Kupfer in geringerer Menge enthalten, wie in … der erzgebirgischen, sonstige Unterschiede sind nicht be… bar. Lichter Kaliglimmer fehlt zwar in dem hier zu… sprechenden Gneisse in einzelnen oder in Aggregaten … reicher Schüppchen niemals, spielt aber, wie oben be… erwähnt, stets eine untergeordnete Rolle.

Was die Feldspathe des Gneisses betrifft, so ist der … herrschende Orthoklas, welcher, wie ich schon 1880[3]) na… wies, stets kleine Mengen von Baryt enthält. Neuerdi… hat Sauer[4]) in einem solchen von Grube Beihülfe bei Fr… berg 0,37 proc. davon nachweisen können, doch ist das nic… wie er meint, ein hoher Barytgehalt, da andere Varietät… noch reicher daran sind und z. B. der Orthoklas aus de…

1) Unters. über Erzgänge II. S. 200.
2) Jahrb. f. Min. 1888 I. S. 70 f.
3) Berg- und Hüttenm. Zeitung 1880 S. 391.
4) Erläuterungen zu Section Freiberg. 1887. S. 7.

Digitized by Google

Gneisse von Schapbach nach Petersen und Flinsch[1]) 1,05 proc. Baryt aufzuweisen hat. Der meist erst unter dem Mikroskop deutlich erkennbare trikline Feldspath ist nach seinem Verhalten vor dem Löthrohre und gegen Säuren zu schliessen gewiss in den meisten Fällen Oligoklas, über welchen einstweilen Weiteres nicht zu bemerken ist. Eine neuere Analyse von Sauer[2]) ergab nach Abzug des beigemengten und durch die Thoulet'sche Flüssigkeit nicht trennbaren Quarzes:

Kieselsäure	63,58
Thonerde	21,97
Eisenoxyd	Spur
Kalk	3,10
Baryt	Spur
Natron	8,36
Kali	2,18
Wasser	0,77
	99,96

In der von Herm. Müller „Drehfelder Gneiss" benannten Varietät findet sich dagegen in augenartigen Ausscheidungen ein trikliner Feldspath vom spec. Gew. 2,61, welcher nach Rube's Analyse[3]) als Albit angesehen werden muss. In den mir bekannten Gneissen des centralen Fichtelgebirgs habe ich Albit nicht nachzuweisen vermocht.

Was die in dem Augen-Gneisse auftretenden accessorischen Mineralien betrifft, so ist Turmalin in kleinen Krystallen nur dann häufig, wenn sich weisser Glimmer in grösserer Menge in dem Gesteine einfindet. Der sonst sehr seltene Granat (Almandin) kommt nur in fast rein feldspathigen Zwischenlagen bei Vordorf in erbsengrossen Körnern vor, Magneteisen eingesprengt in quarzigen. Mikrolithe von Zirkon

1) Unters. über Erzgänge I. S. 49.
2) Erläuterungen zu Section Freiberg S. 8.
3) Th. Scheerer, Zeitschr. d. deutsch. geol. Gesellsch. XIV. 1862 S. 33.

Digitized by Google

finden sich in jedem Gesteins-Schliffe, auch Apatit-Nadeln und Magneteisenkörnchen sind recht häufig. Der im Gneisschutt nicht gar selten in prächtig lauchgrünen Splittern vorkommende Augit stimmt ganz und gar mit dem von Becke[1]) aus gewissen niederösterreichischen Gneissen beschriebenen überein, wie ich mich an Originalstücken überzeugen konnte.

Von den in dem Gneisse eingelagerten Gesteinen soll im Anschlusse an denselben nur ein recht merkwürdiges geschildert werden, welches bei Vordorf einbricht und einen völlig granitähnlichen Habitus besitzt. Dasselbe besteht aus violetgrauem Quarze in haselnussgrossen Körnern, verwachsen mit lichtgrauem, gut spaltbarem Orthoklase, welcher gewöhnlich von feinkörnigen Aggregaten von weissem Oligoklas umhüllt erscheint, und zweierlei Glimmern, deren Blättchen jedoch niemals parallel gelagert sind, demgemäss ist das Gestein körnig und nimmt nur an der Grenze gegen den Normalgneiss, in welchem es eingelagert ist, eine schiefrige Struktur an.

Der in grösseren Putzen eingewachsene dunkle Glimmer gehört zu den leicht verwitternden, da sich von ihm aus fast überall Brauneisenstein-Häutchen in die benachbarten anderen Mineralien verbreiten. Vor dem Löthrohr schmilzt er nicht schwer zu schwarzem magnetischem Glase und von Salzsäure wird er nach eintägigem Kochen zersetzt. Seine Bestandtheile sind dieselben, wie jene des Glimmers des gewöhnlichen Gneisses, doch herrscht Eisenoxydul über Oxyd beträchtlich vor, wie diess ja auch in gewissen Glimmern aus erzgebirgischen Gneissen der Fall ist[2]). Primitiv gebildeter lichter Glimmer erscheint im ganzen Gesteine nicht häufig, er tritt nur am Rande der von dunkelem gebildeten

1) Tschermaks Mitth. 1882 S. 219, 366.

2) Th. Scheerer, Zeitschr. d. deutsch. geol. Ges. XIV. S. 60 f. Sandberger, Unters. über Erzgänge II. S. 178, 206.

Digitized by Google

Putzen und mit diesem verwachsen auf, secundärer findet sich in kleinen Schüppchen hauptsächlich auf Klüftchen und Haarrissen des Feldspaths, auf dessen Kosten er entstanden ist, und hier um so reichlicher, je stärker der Feldspath angegriffen ist.

Der violetgraue Quarz, welcher auf den ersten Blick leicht für Cordierit gehalten werden könnte, verdankt die nicht häufige Färbung lediglich gleichmässig vertheilter organischer Substanz, da er sich im Glührörhrchen unter Entwickelung eines brenzlichen Geruches bald und vollständig entfärbt.

Ich habe diesen körnigen Gneiss nur bei Vordorf gesehen, in dem übrigen Fichtelgebirge und im Erzgebirge scheint er z. Z. nicht beobachtet worden zu sein.

Der Verwitterung ist der Gneiss in hohem Grade zugänglich. Dieselbe beginnt stets mit dem Angriffe auf den dunkelen Glimmer, aus welchem kohlensaures Eisenoxydul ausgezogen und auf Klüften wieder abgesetzt wird. In seltenen Fällen bleibt dasselbe erhalten, meist aber geht es bald in Brauneisenstein über, dessen Häutchen sich in die angrenzenden Quarz-Feldspath-Zonen hereinziehen und dieselben lichtbraun färben. Zugleich bemerkt man häufig in den dunkelen Glimmern die Ausscheidung schwarzer undurchsichtiger Körnchen oder Häufchen von solchen, welche man zuerst für Magneteisen halten möchte, die aber bei näherer Untersuchung weder Magnetismus zeigen, noch von Säuren (einschliesslich Königswasser) gelöst werden, und bei eingehender Untersuchung zeigt sich, dass sie viel Zinn neben Eisen und Mangan enthalten und daher einstweilen unter Vorbehalt quantitativer Analysen als „schwarzer Zinnstein" bezeichnet werden sollen, von welchem noch später die Rede sein wird. Dann folgt die Zersetzung des Oligoklases zu Kaolin, beginnend mit der Umwandlung zu trüben weissen, nach den Spaltungsflächen leicht zerbröckelnden Massen und endigend

Digitized by Google

mit völligem Zerfallen zu weissem Pulver von thonigem Geruch, welches vor dem Löthrohre nicht mehr geschmolzen werden kann. Unterdessen hat der Orthoklas noch wenig gelitten und seine Färbung, wenn auch nicht seinen Glanz beibehalten, so dass er jetzt besonders auf dem Querbruche schon mit freiem Auge besser als in dem völlig frischen Gestein von dem Oligoklas zu unterscheiden ist, allein im weiteren Verlaufe der Verwitterung fällt auch er der Kaolinisirung anheim. Das Gestein bildet daher schliesslich einen Grus von verschiedener Korngrösse, in dessen Schlämmrückstande sich nicht nur alle jene Mineralien wiederfinden, welche oben als in Form von Mikrolithen in dem Gneisse enthalten aufgeführt wurden, sondern auch andere, welche erst bei der Zersetzung abgeschieden wurden. Von ersteren fand sich Zirkon sehr häufig, Rutil auch in hübschen knieförmigen Zwillingen und Turmalin nicht selten, Magneteisen und lichtgrüner Augit nicht selten, von letzteren der „schwarze Zinnstein" häufig in schwarzen Körnchen, sowie Anatas, farblos oder gelblich in den Combinationen 0 *P*. *P* und 0 *P*. *P*. m *P* ∞.

Wie schon früher bemerkt, sind die schwarzen Körnchen leicht mit Magneteisen zu verwechseln, wenn man sie nicht näher untersucht. Sie sind aber nicht magnetisch und in Säuren (einschliesslich Königswasser) unlöslich. Vor dem Löthrohr geben sie mit Borax und Phosphorsalz braunrothe Perlen, mit Cyankalium erhält man auf Kohle Zinnkörnchen. Nach weiteren qualitativen Versuchen ist neben Zinn Eisen und Mangan vorhanden, der Zinnstein hat also vielleicht eine ähnliche Zusammensetzung, wie manches strahlige sog. Holzzinnerz. In dem geschlämmten Gneisse vom Seitig bei Weissenstadt kommen neben Magneteisen höchstens 1 mm grosse Körnchen von zweierlei zinnhaltigen Mineralien vor. Das häufigere ist schwarz, wird aber nach dem Zerdrücken in dünnsten Splittern mit tiefbrauner Farbe durchsichtig, es enthält neben

Digitized by Google

Zinn auch Blei, sowie Eisen und Mangan und muss noch weiter untersucht werden. Das seltenere aber ist lichtbrauner und durchsichtiger reiner Zinnstein, welcher im Fichtelgebirge sonst in der Regel nur im Granitgrus getroffen wird, dem dagegen die schwarzen zinnhaltigen Körnchen fehlen.

Derartiger Gneissgrus verbreitet sich nicht blos in sehr beträchtlicher Mächtigkeit am Ostrande des Granitzuges von Weissenstadt bis zur Farnleite, sondern tritt auch in dem Becken des Fichtelsees in einer Menge von kleinen Hügeln auf. Oft zeigen derartige Ablagerungen eine grosse Aehnlichkeit mit Moränen, besonders ein langgestreckter nach beiden Seiten steil abfallender Hügel westlich von dem Dorfe Tröstau, welcher grosse nicht abgerundete Blöcke von Gneiss zwischen kleineren in grobem eckigem Gneissgruse bemerken lässt. Andere derartige Schuttmassen umschliessen mächtige geglättete und abgerundete, aber nicht mit Furchen bedeckte Blöcke von Lithionit-Granit, wie namentlich jene in dem Walddistrikte „Zinngräben" bis in die Nähe des Silberhauses an neu angelegten Waldwegen aufgeschlossenen, welche ich im Herbst 1887 in Begleitung der Herren Apotheker Schmidt und Forst-Assessor Heinz besichtigte. In diesem Grus wurde überall schwarzer Zinnstein gewaschen und offenbar mit bedeutendem Erfolge, da ja die Stadt Wunsiedel ihre Blüthe-Periode in früheren Jahrhunderten notorisch nur der Gewinnung dieses Erzes aus solchen Zinnseifen und der Verarbeitung zu verzinnten Blechen zu verdanken hatte. Herrn Alb. Schmidt gebührt das Verdienst, die auf alte Zinngewinnung aus Seifen im Gneiss-Gebiete bezüglichen Daten gesammelt und veröffentlicht zu haben[1]). Auch im Erzgebirge gibt es an mehreren Orten Zinnseifen im Gneiss-Gebiete, wenn dieselben auch in jenem des Granits häufiger sind.

1) Archiv d. hist. Vereins für Oberfranken Bd. XV. 1883. S. 187 ff. Bd. XVII. 1886.

Digitized by Google

Von Zinnstein-Gängen, welche nur bei Weissenhaid und Schönlind unweit Weissenstadt in h 8—11 streichend in einem glimmerschieferähnlichen Gneisse abgebaut worden sind, stammen die Körnchen, nach ihren Begleitern zu schliessen, jedenfalls nicht. Dem glimmerschieferähnlichen Gneisse scheint auch ein später zu besprechender Dioritschiefer eingelagert zu sein, welcher vollständig mit jenem übereinstimmt, der bei Vaulry (Haute Vienne) ebenfalls von Zinnstein-Gängen durchsetzt wird. v. Gümbel[1]) gibt nach Acten des Bergamts Bayreuth, die auch ich 1885 benutzen konnte, sechs solche Gänge an. Der Zinnstein wurde von Arsenikkies begleitet, aus welchen schon 1733 mittelst eines sog. Arsenik-Fanges weisses Arsenik (arsenige Säure) gewonnen wurde. Dass auch Kupfererze beigebrochen sind, geht aus den stark kupferhaltigen Nebenproducten der Verhüttung hervor, welche ausserdem auch reichlich Eisen, Arsen und Antimon, sowie etwas Blei, Wismuth, Kobalt, Nickel und Spuren von Zink und Cadmium enthalten. Zinn fand sich darin nur in Spuren. Grössere Brocken solcher Massen waren noch vor einigen Jahren an Ort und Stelle nicht besonders selten. Im böhmischen Theile des Fichtelgebirges wurde von Reuss[2]) am Zinnberge bei Asch ein weit fortsetzender Pingenzug beobachtet, welcher ebenfalls auf Zinnsteingängen betrieben worden sein wird, die ja auch an manchen Orten im Erzgebirge (Marienberg, Pobershau u. s. w.) bebaut wurden.

Die Blüthe der fichtelgebirgischen Zinn-Production fällt in das fünfzehnte Jahrhundert, über welches regelmässig geführte amtliche Acten noch nicht berichten. In späterer Zeit 1730—40 galt ein Ergebniss von 3—4 Centnern pro Quartal schon für befriedigend.

1) Geogn. Beschreib. d. Fichtelgebirges S. 331.

2) Geogn. Verhältn. des Egerer Bezirks und Ascher Gebiets (Abh. d. k. k. geol. Reichsanstalt Bd. I. Abth. I. S. 15.

Digitized by Google

Die ausschliesslich Kaliglimmer führenden sogenannten rothen Gneisse des Erzgebirges kommen in dem centralen Fichtelgebirge, soweit mir bekannt, nicht vor, wohl aber sind in demselben andere Gesteine sowohl von sauerem als basischem Charakter eingelagert.

Mit dem Gneisse wechsellagern bei Vordorf und anderen Orten der Gegend von Wunsiedel, Weissenbach bei Selb u. s. w. vielfach dickschieferige Quarzitschiefer mit reichlich eingestreutem kleinschuppigem Kaliglimmer, zuweilen manchen Varietäten des Itakolumits nicht unähnlich. Ausser den beiden Hauptbestandtheilen führen sie noch mikroskopischen Zirkon und Magneteisen, selten auch bräunlichen Turmalin.

Der Glimmer enthält wie gewöhnlich nur sehr wenig Schwermetalle, es wurden in ihm nur etwas Kupfer und Kobalt sowie Spuren von Arsen aufgefunden. Ganz ähnliche Quarzit-Einlagerungen kommen auch im Bereiche der sächsischen Sectionen Geyer, Annaberg, Freiberg, Brand u. a. vor. Meist erscheinen sie in ebenso geringer Mächtigkeit, wie im Fichtelgebirge, nur auf Section Brand erreichen die Quarzitschiefer eine grössere Mächtigkeit und ragen in weissen Klippen über die leichter verwitternden Gesteine hervor.

Die nur zwischen Leupoldsdorf und dem Blechhammer beobachtete granulitähnliche Gneiss-Varietät spielt nur eine ganz untergeordnete Rolle.

Etwas interessanter sind die Hornblendegesteine, obwohl auch sie im Vergleiche zu der beträchtlichen Verbreitung, welche ihnen in dem westlichen (Münchberger) Gneissgebiete zukommt, in so geringer Mächtigkeit auftreten, dass sie auf der Gümbel'schen Karte nicht angegeben werden konnten. Hier kommen vorzugsweise die bei Vordorf und Weissenstadt dem Gneisse eingelagerten feldspathhaltigen und zu-

Digitized by Google

gleich glimmerführenden Hornblende-Gesteine in Betracht, welche man als Dioritschiefer bezeichnen darf.

Ausser der schwarzgrünen Hornblende und dem weissen triklinen Feldspathe, welcher nach seinem Verhalten gegen Löthrohr und Säuren als Labradorit angesehen werden muss, enthalten diese Gesteine noch dunkelbraunen Glimmer und Magneteisen (reichlich bei Vordorf), etwas Magnetkies, Titanitkörner (Weissenstadt), sowie Mikrolithe von Apatit und braunrothem Rutil (Vordorf). Der zuweilen schon im Uebergang zu Chlorit-Substanz befindliche Glimmer ist in frischem Zustande dunkelbraun und zwar nicht arm an Magnesia, enthält daneben aber auch so viel Lithion, dass er die Löthrohrflamme purpurroth färbt, sowie Zinn, Arsen und Kupfer. Eines der von Herrn Alb. Schmidt bei Weissenstadt im Bereiche der alten Zinngruben aufgenommenen Gesteine stimmt, wie ich schon früher[1]) bemerkt habe, nach unmittelbarer Vergleichung völlig mit einem Dioritschiefer überein, welcher bei Vaulry (Haute Vienne) dem Gneisse eingelagert ist und von Zinnstein führenden Gängen durchsetzt wird. Bei Vordorf kommen neben diesem Hornblende-Gesteine Blöcke eines Gemenges von fleischrothem Orthoklas und Quarz nebst wenig weissem Oligoklas vor, welche von dickeren und dünneren Schnüren von lichtgrünem Epidot (Epidotus eumetricus) durchsetzt werden, in welchem zuweilen Asbest in grösserer oder geringerer Menge eingewachsen ist. Ich glaube, dass diese beiden Mineralien aus Hornblende hervorgegangen sind, welche nun ganz verschwunden ist, wie ich anderswo[2]) näher auseinandergesetzt habe. Auch Kupferkies-Körnchen zeigen sich hier und da eingesprengt. Das Gestein dürfte ursprünglich syenitähnliche grobkörnige Ausscheidungen in dem Dioritschiefer oder Gneiss gebildet haben, die ja auch sonstwo nicht gar selten sind.

1) Unters. über Erzgänge. II. S. 181.
2) Jahrb. f. Min. 1888 Bd. I. S. 208 f.

Digitized by Google

Der Gneiss zeigt an vielen Orten deutlich ein der Erzgebirgs-Richtung entsprechendes Streichen in SW — NO, wodurch auch in stratigraphischer Beziehung sein enger Zusammenhang mit der Gneissmasse dieses Gebirges nachgewiesen ist[1]).

Ebenso einförmig wie die Gliederung der Gneiss-Gruppe gestaltet sich auch jene der Glimmerschiefer-Zone in dem centralen Fichtelgebirge, welche sich aus ersterer durch ein so allmähliges Verschwinden des Feldspathes entwickelt, dass die Grenzen beider Gesteine in der Regel nicht scharf zu bestimmen sind. Der typische Glimmerschiefer zieht sich, wie v. Gümbel[2]) gezeigt hat, aus der Gegend nördlich von Selb dem Rande des nördlichen Granitzuges entlang über Kirchenlamitz bis nach Weissenstadt. Meist besteht er aus wechselnden Lagen von Glimmer und weissem, ziemlich feinkörnigem Quarze von sehr verschiedener Dicke. Dazu kommen noch in manchen, wie es scheint, bereits in Umwandlung begriffenen Varietäten chlorit- und damouritähnliche Substanzen, die ich indess ebensowenig als v. Gümbel zu isoliren und genau zu bestimmen vermochte. Der Glimmer ist in der Regel lichtbraun bis weingelb, bleicht aber bei der Verwitterung unter Ausscheidung von Brauneisenstein aus. Neben diesem lassen sich öfter z. B. in dem zerdrückten Glimmerschiefer am Fahrwege von Kirchenlamitz nach dem Epprechtstein auch die schwarzen Zinnsteinkörnchen erkennen, welche oben bei dem Gneisse geschildert worden sind. Bei völligem Zerfall bildet der Glimmerschiefer gelbbraune staubige Massen, welche wesentlich aus ganz entfärbten Glimmerblättchen, feinen Quarzkörnern, sowie durch Brauneisenstein gefärbtem Lehm bestehen und im Fichtelgebirge nur selten grössere Flächen fruchtbarer Felder zusammen-

1) Diese Thatsache ist von v. Gümbel, a. a. O. S. 309 f., mit Recht wiederholt hervorgehoben worden.

2) a. a. O. S. 165.

Digitized by Google

setzen, welche von zahlreichen Hohlwegen unterf
So stellt sich das Glimmerschiefer-Gebiet z. B. in
von Kirchenlamitz dar. Auch hier bestanden
seifen und die von Herrn Alb. Schmidt[1]) gegeb
zeigt eine solche, welche ich 1887 in seiner Be
suchte. In den Schlämm-Rückständen derselben
ausser reichlichem wasserhellem Zirkon und
schwarzen Zinnminerals selten auch Rutil in ein
stallen und knieförmigen Zwillingen, sowie verein
in blauen Tafeln und Splitter von grünem Augit
Gneiss-Schutt so gewöhnlichen Turmalin-Mikrolithe
gänzlich zu fehlen.

Von den mannigfaltigen Gesteinen, welche ge
im Glimmerschiefer des sächsischen und böhmischen
birges auftreten, ist im centralen Fichtelgebirge
bemerken. Geringe Mächtigkeit und Einförmigkeit
trographischen Charakters deuten vielmehr darauf
sich die Gruppe hier auszukeilen beginnt und we
Südwesten hin möglicherweise vollständig verschwinde
im Erzgebirge sind ja solche Punkte bekannt, na
auf den sächsischen Sectionen Schellenberg-Flöha
Brand[2]).

Man darf mit Grund behaupten, dass die Grup
Phyllits, mit welchem die Reihe der altkrystallinischen S
gesteine des centralen Fichtelgebirges nach oben ab
sich durch Einlagerungen von vielerlei Gesteinen ver
weichender petrographischer Beschaffenheit auszeichne
welchen Lager von körnigem Kalk eine hervorragende
spielen.

Die Phyllit-Gruppe erscheint überall, wo deutliche
schlüsse zu bemerken sind, dem Glimmerschiefer oder

1) Archiv d. hist. Vereins f. Oberfranken XVI. 1886. He
2) Erläuterungen S. 34.
3) Erläuterungen S. 32.

Digitized by Google

dieser fehlt, wie z. B. bei Wunsiedel, dem Gneisse concordant aufgelagert und umfasst ein weites Gebiet, welches v. Gümbel[1]) in folgender Weise begränzt hat. „Aus dem Wondrebthale zwischen Waldsassen und Eger breitet sich ein mächtiger Phyllit-Stock bis zum Röslauthale aus und steigt nun mit der Thalung aufwärts gegen Wunsiedel und Redwitz, wo ein nördlicher Zug an dem Granit der Centralkuppen abstösst, während der südliche Hauptzug, zwischen den Granitkuppen der Kösseine und des Steinwald-Gebirges eingezwängt, über Waldershof und die Einsattelung bei Langentheilen bis zum Fichtelnaab-Thal weiter streicht und, von Trevesen bis Ebnath sich ausbreitend, mit der von S kommenden Randzone sich wieder vereinigt" [2]). Das weitausgedehnte Phyllit-Gebiet des sächsischen Erzgebirges steht mit dem des Fichtelgebirges nicht in unmittelbarer Verbindung, wohl aber jenes des Voigtlandes, welches sich in der zwischen Rehau und Selb gelegenen Parthie auf bayerisches Gebiet verbreitet. Im Süden füllt die böhmische Phyllitzone die zwischen jenem des Erzgebirges und Fichtelgebirges bestehende Lücke vollständig aus. Die Gliederung im Erzgebirge stimmt mit der im Fichtelgebirge sichtbaren gut überein, ist aber noch reicher an merkwürdigen Einlagerungen, unter denen die Augit-Hornblende-Gesteine der Gegend von Schneeberg u. a. besonders bemerkenswerth erscheinen.

Den interessantesten Abschnitt des fichtelgebirgischen Phyllit-Gebietes bildet die Wunsiedel-Hohenberg-Redwitzer Mulde, deren nördlicher Flügel ebenso wie der übergebogene südliche gleichmässig nach SO einfällt und aus ganz gleichen Gesteinen zusammengesetzt ist. Hier herrschen stark nach Art der Glimmerschiefer glänzende und stets fein gefältelte

1) Geogn. Beschr. d. Fichtelgebirges S. 336 f.

2) Vergl. Geogn. Karte von Bayern, Blätter Münchberg und Erbendorf. Karten der k. k. geol. Reichsanstalt, Sect. Eger-Falkenau, Graslitz-Johanngeorgenstadt, Karlsbad-Luditz, Caaden-Joachimsthal.

Digitized by Google

graue Schiefer vor, mehr dem Thonschiefer ähn
änderungen, wie sie bei Eger (St. Loretto) und W.
auftreten, fehlen, aber auch die feldspathhaltigen
Gneisse sind nur schwach vertreten und erreichen
ihre stärkste Entwickelung im Fichtelgebirge
Weissenstadt und Goldkronach. Sie kommen dort mit
Graniten nicht mehr in Berührung und sind daher
weiter zu besprechen.

In den tieferen Bänken der erwähnten Mulde
brunn, Furthammer u. s. w. ist zwar, wie in
ein fast kalkfreier Natron-Feldspath (Albit) zwis
übrigen Bestandtheilen des Phyllits eingemengt
bemerken, tritt aber ähnlich, wie in den Sericitschie
Taunus, noch häufiger in reinen Ausscheidungen auf
in Begleitung von Pistacit und selten auch Grossular
auf, wie z. B. auf den Halden der Grube Gottes
Furthammer. Das lichtgraue harte Gestein soll be
einem Zinnstein-Gange durchsetzt gewesen sein.
Resten der Halde finden sich aber keine Belegstücke
für diese Angabe. Möglicherweise handelte es sich
auch nicht um einen solchen, sondern um eine stärke
gewöhnlich mit Zinnstein imprägnirte Einlagerung im Ph
wie jene bei Aue im Erzgebirge[1]). Die alten Zinn
bei Furthammer, welche wohl in wenigen Jahren ausge
und dann spurlos verschwunden sein werden, müssen eben
nicht ganz uneinträglich gewesen sein. Sie enthalten
selben „schwarzen Zinnstein," wie jene im Gneiss
Glimmerschiefer-Gebiete gelegenen, aber merkwürdiger Wei
ohne die zahlreichen Mikrolithe von Zirkon, Rutil u. s.
welche ihn in jenen begleiten, nur Turmalin ist hier
da bemerkbar; der im Gesteine offenbar secundär gebild

1) Erläuterungen zu Section Schwarzenberg S. 71. Auch
diese Lagerstätte fehlen genauere Nachrichten.

Digitized by Google

Pistacit ist ebenfalls in Krystallbruchstücken vertreten, aber auch nicht häufig.

Weniger stark entwickelt erscheinen feldspathhaltige Quarzitschiefer in dieser unteren Abtheilung bei Schönbrunn und am Kohlwald bei Arzberg, sie lassen keinen Chlorit und kein Graphitoid erkennen und ihr Glimmer bildet deutliche farblose Schuppen.

Die Mineralien, welche die demnächst folgenden glimmerschieferähnlichen Massen zusammensetzen, sind im Fichtelgebirge und Erzgebirge nahezu die gleichen, nämlich ein dem Sericit sehr nahe stehender glimmerähnlicher (30—40 proc.), v. Gümbel's Promicit, und ein mit demselben innigst gemengter chloritähnlicher Körper[1]), v. Gümbel's Phyllochlorit (10—20 proc.), sowie feinkörniger Quarz (50 proc.). Das sind dieselben Mineralien, welche, wenn schon in wechselnder Menge, in Phylliten aller Länder wiederkehren. Zu ihnen gesellen sich noch einige andere. Beiderseits ausgebildete Turmalin-Mikrolithe scheinen niemals zu fehlen, auch Magneteisen und Graphitoid[2]) sind nicht selten und bewirken mit dem Chlorit zusammen die dunkelgraue Färbung der gewöhnlichen Phyllite. Im Fichtelgebirge ist überdies ein mit dem oben erwähnten „sehwarzen Zinnstein" in chemischer Beziehung übereinstimmendes Mineral häufig, welches aber stets in sehr kleinen und undurchsichtigen Körnchen auftritt, die niemals in nutzbarer Menge vorhanden sind. Einmal wurde auch Granat beobachtet. Zirkon, welcher anderswo, z. B. im Erzgebirge und im Taunus nachgewiesen ist, ist in dem Schutte der fichtelgebirgischen Phyllite in schar-

1) v. Gümbel, Geogn. Beschr. d. ostbayer. Grenzgebirges S. 393 f. Ders., Geogn. Beschr. d. Fichtelgebirges S. 101. Dalmer, Erläuter. zu Section Schneeberg S. 52.

2) Dieser merkwürdige Körper wird später eingehend besprochen werden.

Digitized by Google

fen Krystallen ebenso selten als Apatit, während runde Körnchen von beiden ziemlich häufig sind.

In manchen Varietäten der Gegend von Wunsiedel, z. B. jener vom Juliushammer und von Döhlau treten ganz nach Art des Ottrelits im Gestein zerstreute Blättchen und Putzen von tiefbraunem Glimmer auf, in denselben finden sich meist auch grössere bläuliche Quarzkörner in den weissen feinkörnigen Quarz-Zonen eingewachsen. Ausscheidungen von sonstigen Mineralien sind nicht häufig, sie enthielten am Katharinenberg und Wintersberg bei Wunsiedel grosse Andalusitkrystalle ($\infty P.0P$), welche in Begleitung von weissem Glimmer in derbem Quarze eingewachsen erscheinen.

Die von v. Gümbel[1]) mitgetheilten Analysen von glimmerschieferähnlich glänzenden Phylliten vom Juliushammer (I) und Arzberg (II) ergaben:

	I.	II.
Kieselsäure und TiO_2 . .	61,56	62,54
Thonerde	20,12	22,84
Eisenoxyd	2,87	—
Eisenoxydul	3,40	3,89
Kalkerde	0,71	0,18
Bittererde	1,58	1,22
Natron	1,92	1,38
Kali	4,84	5,24
Glühverlust	3,05	3,48
	100,05	100,77

Hierzu kommen nach meinen qualitativen Versuchen[2]) noch: Zinn, Arsen, Kupfer, Kobalt, Nickel, Zink, Bor und Phosphorsäure.

Merkwürdiger Weise ist aber der krystallinische Habitus der Phyllite in der Wunsiedel-Redwitzer Mulde nicht in den untersten Ablagerungen am stärksten ausgeprägt, sondern in einer der

1) Geogn. Beschr. d. Fichtelgebirges S. 161.

2) Unters. über Erzgänge II. S. 186.

Digitized by Google

höheren. Dieselbe besteht nämlich aus einem weissen dünnplattigen, nicht gefältelten Gesteine, welches durch einen kleinen Schurf nahe der Ruhebank an der Landstrasse von Wunsiedel nach Sichersreuth blosgelegt worden ist. Es ist der Hauptsache nach ein sehr feinkörniger Quarzit, innig gemengt mit kleinschuppigem farblosem Kaliglimmer, in welchem Blättchen und Putzen von tiefbraunem Eisenglimmer ebenso eingewachsen erscheinen, wie in dem grauen Phyllit vom Juliushammer u. a. O. Daneben finden sich hier und da auch kleine Turmalin-Säulchen. Chlorit, Graphitoid und „schwarzer Zinnstein" fehlen. Das Aussehen ist vollständig das eines sehr quarzigen Glimmerschiefers. Das geschlämmte Pulver lässt keine weiteren Mineralien bemerken, namentlich auch keinen Andalusit. Aehnliche Gesteine kommen auch in der Oberregion der voigtländischen Phyllit-Gruppe im Bereiche der sächsischen Sectionen Falkenstein, Adorf und Zwota vor.

Das andere Extrem stellen ganz mit Graphitoid imprägnirte schwarzgraue bis schwarze Gesteine dar, wie sie in den tieferen Lagen des Nordflügels an der Göringsreuther Strasse oberhalb Wunsiedel bis Holenbrunn und in jenen des Südflügels bei Schirnding und Arzberg, ganz wie an so vielen Orten in Sachsen (Wiesenthal, Schneeberg u. s. w.) und Böhmen auftreten. Viel Eisenkies eingesprengt enthaltende Bänke wurden bei Arzberg im vorigen Jahrhundert zur Alaundarstellung abgebaut. Dagegen fehlen mit Ausnahme der Gegend von Waldsassen im Bereiche des Fichtelgebirges die in Sachsen, besonders in der Umgebung von Lössnitz, dann in Böhmen bei Eger u. a. O. entwickelten Einlagerungen geradflächiger, als Dachschiefer verwendbarer Gesteine.

Hornblendesubstanz bildet mit mehr oder weniger triklinem Feldspath gemengt in allen drei Ländern den Hauptbestandtheil anderer z. Th. selbstständig, z. Th. als Be-

Digitized by Google

gleiter des körnigen Kalks eingelagerter Gesteine, so bei Eulenlohe, am Katharinenberg bei Wunsiedel, bei Redwitz und Arzberg. Gemeine Hornblende findet sich namentlich in den den Kalk begleitenden Gesteinen, wie z. B. in dem stellenweise auch braunen Glimmer. Magneteisen und Magnetkies führenden Hornblendeschiefer des grossen Kalkbruches bei Wunsiedel[1]), welcher nach gefälliger Mittheilung des Herrn Dr. Kellermann besteht aus:

Kieselsäure	49,41
Thonerde	22,38
Eisenoxyd	10,72
Kalkerde	11,38
Bittererde	4,78
Natron	2,63
Kali	0,44
Wasser	0,33
Mangan u. Schwefel	Spuren
	102,07

Diese Zusammensetzung ist jener ähnlich, welche etwas weniger feinkörnige Hornblendeschiefer aus dem Gneisse von Petersthal im Schwarzwalde[2]) nach Klemm's Analyse besitzen.

Weit häufiger ist licht gefärbter Strahlstein, wie bei Tröstau, Redwitz und Alexandersbad, mit wenig Feldspath gemengt, meist aber Granat und Magneteisen führend, wie das in grösserem Massstabe an so vielen Orten im sächsischen und böhmischen Erzgebirge der Fall ist. Im vorigen Jahre (August 1887) habe ich auch Grammatitfels von lichtgrauer Farbe als etwa 0,3 m mächtige Einlagerung im glimmerigen Phyllit zwischen Klein-Wendern und Sichersreuth entdeckt und anderswo[3]) näher beschrieben. Er enthält Einmengungen

1) v. Gümbel, a. a. O. S. 340.

2) Sandberger, Geol. Beschr. d. Umgebung d. Renchbäder, Karlsruhe 1864, S. 24.

3) Jahrb. f. Min. 1888 Bd. I. S. 204.

Digitized by Google

von Graphitoid sowie von Braunspath-Rhomboëdern und auf Klüften Ueberzüge von Brauneisenstein und Kupferpecherz. Das spec. Gewicht ergab sich zu 2,91. Die von Herrn Professor Hilger mitgetheilte Analyse ergibt nach Abzug der in Essigsäure und Salzsäure löslichen Substanzen (Braunspath, Brauneisenstein u. s. w.) Folgendes:

		Sauerstoff
Kieselsäure	56,12	29,928
Zinnsäure	0,06	0,013
Thonerde	6,10	2,854
Eisenoxyd	0,23	0,069
Manganoxydul	0,02	0,004
Eisenoxydul	9,52	2,113
Kupferoxyd	0,13	0,026
Kalkerde	7,41	2,117
Bittererde	19,70	7,880
Kali	0,31	0,053
Natron	0,40	0,010
	100,00	

Das Mineral ist hiernach ein Grammatit von beträchtlich höherem Thonerde-Gehalte als gewöhnlich und von ähnlicher Zusammensetzung wie die von v. Bonsdorf analysirten aus dem körnigen Kalke von Aker in Schweden.

Ein anderer interessanter Fund am Abhange des Burgsteins gegen Klein-Wendern ist ein roh plattenförmiges, feldspathhartes Gestein von schwarzgrauer Farbe, welches eine nähere Schilderung verdient. Der Schliff zeigt dasselbe der Hauptsache nach aus Streifen von graulichgrünem Diallag zusammengesetzt, mit welchen solche von weissem Feldspath in fast paralleler Anordnung wechseln, ausserdem treten hier und da grössere Serpentinparthien auf, welche z. Th. Maschenstruktur bemerken lassen. Matte weisse Flecken wurden als Kaolin, sehr harte einfach blau polarisirende Körner als Quarz erkannt. Magneteisen erscheint in diesem Gemenge

Digitized by Google

in einzelnen Körnchen oder Reihen von solchen überall eingestreut, Magnetkies und Graphitoid sind in geringer Menge, aber stets deutlich nachweisbar, ebenfalls vorhanden. Da der weisse feldspathige Bestandtheil zuweilen in bis 2 mm dicken Streifen ausgeschieden erscheint, so konnte sein chemisches Verhalten geprüft werden, wobei er sich als Andesin ergab. Der Magnetkies enthält, wie gewöhnlich, etwas Nickel und Kobalt, der von Salzsäure nicht zersetzte Diallag ausser den gewöhnlichen Bestandtheilen auch Zinn und Spuren von Arsen.

Das ganze Gestein wird man wohl einen grobschieferigen Gabbro nennen müssen. Es ist dem Phyllit in gleicher Weise eingelagert, wie die Hornblendeschiefer. Ich verdanke auch die nachfolgende Bausch-Analyse Herrn Professor Hilger, in derselben sind nur Kohlenstoff und Schwefel nicht bestimmt worden:

Kieselsäure	63,05
Thonerde	14,31
Eisenoxyd	1,32
Eisenoxydul	6,65
Kalkerde	3,91
Bittererde	4,38
Natron	2,06
Kali	0,82
Kupferoxyd	0,938
Zinnsäure	0,217
Wasser	2,54
	100,195

Bei Berechnung derselben auf die nach der mikroskopischen Untersuchung wahrscheinlichsten näheren Bestandtheile ergibt sich:

Digitized by Google

	Procente	SiO_2	SnO_2	Al_2O_3	Fe_2O_3	FeO	CuO	CaO	MgO	K_2O	Na_2O	H_2O	Fe	S
Andesin	30,15 =	18,03	—	7,81	—	—	—	2,07	—	0,18	2,06	—	—	—
Kaolin	15,16 =	7,05	—	5,98	—	—	—	—	—	—	—	2,13	—	—
Quarz	28,65 =	28,65	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Diallag	10,965 =	4,88	0,217	0,30	—	1,13	0,938	1,84	1,52	—	—	0,14	—	—
Serpentin	10,10 =	4,44	—	0,22	—	1,10	—	—	2,86	—	—	1,48	—	—
Magneteisen . . .	1,91 =	—	—	—	1,32	0,59	—	—	—	—	—	—	—	—
Magnetkies[1]) . . .	4,68 =	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	2,98	1,70

1) Der Rest des Eisenoxyduls (3,83) auf FeS berechnet!

Digitized by Google

Ein wenn auch nicht sehr nahes Analogon hierzu bilden die merkwürdigen Augit-Skapolith-Gesteine der Gegend von Schneeberg[1]).

In den grauen Phylliten erscheinen gewöhnlich körniger Kalk und Dolomit in sehr schwankender Mächtigkeit (3 bis 150 m) eingelagert, welche fast immer von Hornblende-Gesteinen begleitet werden. Auf dem Nordflügel ist Kalk, welcher lokal in Dolomit übergeht, von Eulenlohe über Wunsiedel, Göpfersgrün und Thiersheim bis Hohenberg zu verfolgen und besonders bei Wunsiedel durch grosse Steinbrüche aufgeschlossen. Auf dem Südflügel zieht sich Kalk und Dolomit von Ebnath über Pullenreuth, Waltershof, Redwitz und Arzberg bis in die Nähe von Schirnding. v. Gümbel[2]) vermuthet mit vollem Recht, dass sich beide Züge bei letzterem Orte vereinigen, was indess wegen Ueberdeckung durch tertiäre und pleistocäne Ablagerungen nicht unmittelbar zu beobachten ist.

Der körnige Kalk ist wie gewöhnlich aus Körnern zusammengesetzt, welche sich durch ihre Streifung und ihr Verhalten im polarisirten Licht als Zwillinge zu erkennen geben und in der Regel so rein, dass er nicht nur als Düngmittel und Mörtel-Material, sondern auch für chemische Fabriken einen hohen Werth besitzt und desshalb auch in beträchtlicher Menge ausgeführt wird. Die reinste Varietät von Wunsiedel (I) enthält nach Dr. Kellermann, weniger reine (II und III) von dort nach Fr. Schmidt[3]):

		I	II	III
Kohlensaur.	Kalk	99,26	97,4	96,5
„	Bittererde	0,44	1,5	0,8
„	Eisenoxydul	0,12	—	—
„	Manganoxydul	—	—	0,6

1) Dalmer, Erläuterungen zu Section Schneeberg, S. 58 ff

2) Geogn. Beschreibung des Fichtelgebirges S. 339.

3) Gesteine der Central-Gruppe des Fichtelgebirges, 1850, S. 13

Digitized by Google

	I.	II.	III.
Thonerde und Eisenoxyd	—	—	Spur
In Salzsäure unlöslicher Rückstand .	0,23	0,6	0,7
Wasser	—	0,3	0,2

Der von 90 g von Nr. I bleibende Rückstand wurde mikroskopisch untersucht und bestand aus abgerundeten Krystallen und Körnern von Quarz, Zirkon (ohne die sog. zonare Streifung), wasserhellem Glimmer (Phlogopit) und Grammatit. Rutil, welcher hier fehlt, ist von Thürach in dem körnigen Kalke von Redwitz beobachtet worden.

In mehreren Bänken ist meist in Streifen, welche in verschiedenen Abständen auf einander folgen, Graphitoid dem Kalke beigemengt und zwar nicht selten in der Weise, dass man vermuthen muss, dass dasselbe früher zusammenhängende Lagen gebildet habe, welche später wahrscheinlich bei dem Uebergange des Kalksteins in den grobkörnigen Zustand zertrümmert und zwischen demselben eingeschlossen worden sind, wie ich neuerdings gezeigt habe[1]). Das Graphitoid von Wunsiedel wurde schon von v. Fuchs als amorpher Kohlenstoff erkannt. Die neuerdings untersuchte reinste Varietät ist härter als Graphit (H. = 2,5), besitzt das spec. Gew. 2,2 bei 4° C. und hinterlässt beim Verbrennen 1,78 proc. weisse, wesentlich aus Kieselsäure bestehende Asche. Zuweilen erscheinen diese in dem Kalke gleichsam schwimmenden Graphitoid-Bröckchen von einer schmalen Lage von licht bleigrauem weichem und deutlich blätterigem Graphit umsäumt. Hier und da begleitet auch Eisenkies $\left(\frac{\infty O 2}{2} \cdot \frac{3 O \frac{3}{2}}{2}\right)$ und Bergkrystall das Graphitoid, welches fast in allen Gesteinen der Phyllit-Gruppe vorkommt, aber hier in der reinsten Form gefunden wird und durch Essig- oder Salzsäure leicht zu isoliren ist.

Der körnige Kalk enthält stellenweise verschiedene Mine-

1) Jahrb. f. Min. 1888 Bd. I. S. 199 ff.

Digitized by Google

ralien eingesprengt, so z. B. blauen Flussspath, in Octaeder krystallisirt (Wunsiedel, Göpfersgrün), Hornblende, Glimmer, Magnetkies (titanhaltig von Auerbach in Hessen [1]), Kupferkies und seine Zersetzungsproducte Malachit und Kupferlasur, Zinkblende, Granat (bei Stemmas und Hohenberg), Chondrodit, nicht selten in Serpentin umgewandelt und in eigenthümlicher Anordnung die ehemals Eozoon genannten pseudomorphen Aggregate bildend.

Der körnige Kalk geht an vielen Stellen in von zuckerkörniger Struktur über, dessen Körner von Bräunung begleiteten Verwitterung zu einem Grus zerfallen. Nachdem bittererdearme und daran reiche Schichten, ächte Dolomite, öfter wechsellagern, ist eine sekundäre Bildung des Dolomits durch eingesickerte magnesiahaltige Wasser, wie v. Gümbel [2]) mit Recht bemerkt, geschlossen, nicht aber eine fortwährende Anreicherung von Bittererde durch Auflösung und Wegführung von Kalk aus saurem Kalke. Die ältere Analyse des Dolomits von Sparbrün von Fr. Schmidt ergab I, die neueste jenes von Göpfersgrün von Herrn Dr. Kellermann II.

	I	II
Kohlensaur. Kalk	56,8	55,21
„ Bittererde	36,6	38,85
„ Eisenoxydul	2,0	4,17
In Salzsäure unlöslicher Rückstand .	1,2	2,88
Wasser	0,9	—
	97,5	101,11

Der Dolomit hinterlässt stets einen grösseren Rückstand, in welchem ausser Quarz (Bergkrystall) viel farbloser Glimmer und Grammatit, Zirkon in Körnern, zuweilen auch Ru-

1) Petersen, Neunter Bericht des Offenbacher Vereins für Naturkunde S. 86 f.

2) a. a. O. S. 172.

Digitized by Google

enthalten ist (Holenbrunn, Arzberg, Redwitz). Apatit-Mikrolithe fehlen in den Dolomiten ebensowenig wie in den körnigen Kalken; sie finden sich am reichlichsten in jenem von Redwitz. In letzterem trifft man auch zuweilen in Pentagonaldodecaedern krystallisirten Eisenkies. Eine eigenthümliche in dem Dolomit am Bahnhof Holenbrunn in dünnen, oft unterbrochenen, aber stets der Schichtung parallelen Streifen eingelagerte weiche grünlichgraue Substanz stimmt mineralogisch und chemisch vollständig mit dem Parophit aus körnigen Kalken anderer Gegenden, z. B. von St. Philipp bei Markirch im Elsass überein.

Auf Klüften und in Drusen des Dolomits sind überall oft stark gekrümmte Rhomboeder von Bitterspath ausgeschieden, auch prächtige Bergkrystalle waren früher bei Göpfersgrün und sind noch am Strehlenberge bei Redwitz häufig anzutreffen. Nur an letzterem Orte fanden sich auch die schönen s. Z. von mir[1]) beschriebenen hohlen Pseudomorphosen von Quarz und Albit nach Kalkspath, welche später auch von Piolti[2]) in piemontesischen Dolomiten beobachtet worden sind.

Ueberall, wo körnige Kalke oder Dolomite tief verwittert erscheinen, werden sie von erdigem, mit Manganerzen gemengtem Brauneisenstein bedeckt, welcher oft in Höhlungen bis 2 m mächtig wird und wiederholt abgebaut worden ist. Diese erdigen Eisensteine repräsentiren den durch Oxydation abgeschiedenen und während langer Zeiträume angehäuften Eisengehalt des Kalks und Dolomits und müssen von den an der Grenze von Kalk oder Dolomit abgelagerten Eisenspath- und den aus diesem hervorgegangenen Brauneisenstein-Lagern sorgfältig unterschieden werden. Als Typus der letzteren, welche früher bei Eulenlohe, Thiersheim, Bie-

1) Jahrb. f. Min. 1885 I. S. 185.

2) Atti della R. Academia delle Scienze de Torino. Vol. XXI. Tav. IX.

Digitized by Google

bersbach u. a. O. mit Erfolg abgebaut wurden, dürfen die Arzberger Lager angesehen werden, auf welchen noch gegenwärtig ein lebhafter Betrieb stattfindet und von welchen v. Gümbel[1]) sehr charakteristische Bilder gibt. Aus denselben geht hervor, dass die Eisensteine bald in auf längere Erstreckung gleich mächtigen Lagern, bald in sich rasch ausspitzenden, zuweilen aber auch in sehr (57 m) mächtigen Linsen concordant zwischen körnigem Kalk und Phyllit, oder seltener und weniger mächtig in letzterem selbst eingelagert sind. Von dem Arzberger Eisenspath (Weisserz) ist mir keine Analyse bekannt, der von Eulenlohe ist aber von Fr. Schmidt[2]) mit folgendem Resultate untersucht worden:

Kohlensaur.	Eisenoxydul . .	88,50
„	Manganoxydul .	2,50
„	Magnesia . . .	0,90
„	Kalk	5,50
Unlösliches	. . . . .	1.54
		98,94

Selten scheidet sich der Mangangehalt in traubigen und nierenförmigen Aggregaten als durchscheinender, rosenrother Manganspath aus, von welchem Herr Dr. H. Laubmann mehrere Stücke auffand.

Neben den erwähnten Eisenerzen kommen untergeordnet Bleiglanz mit $^3/_4$—$1^1/_2$ Loth Silber im Centner, gelbe Zinkblende, Eisenkies, Arsenikkies ($^1/_4 \breve{P} \infty . \infty \bar{P}$) und Kupferkies nebst den betreffenden Zersetzungs-Producten in den Arzberger Erzen vor. Mehr Licht auf die Entstehung der Eisenspathlager wirft aber die Structur, welche jener der umgewandelten plattenförmigen Kalkbänke genau entspricht und das z. B. auf der Grube „Grosser Johannes" so häufig beobachtete Auftreten unzähliger farbloser Glimmerblättchen und

1) a. a. O. S. 346 f., 349.
2) a. a. O. S. 9.

Digitized by Google

das von Grammatit in ganz ähnlichen, nur hier und da zerbrochenen oder verschobenen Krystallbüscheln, wie sie in dem Kalk und Dolomit der Arzberger und Wunsiedeler Gegend so verbreitet sind. Die Würzburger Sammlung besitzt dafür gute Belegstücke. Diese Thatsachen scheinen mir mit Sicherheit zu beweisen, dass die mit Kalk und Dolomit vergesellschafteten Eisenerze ursprünglich ebenfalls Kalk oder Dolomit waren, aber durch Lösungen von doppeltkohlensaurem Eisenoxydul, welche in erstere Gesteine eindrangen, ganz oder theilweise umgewandelt worden sind. Dass das kohlensaure Eisenoxydul in kohlensäurehaltigem Wasser beträchtlich schwerer löslich ist, als der kohlensaure Kalk, ist ja eine längst bekannte und durch zahlreiche Pseudomorphosen ausser Zweifel gestellte Thatsache. Die in dem kalkigen Gesteine ursprünglich enthaltenen Mineralien, welche durch kohlensäurehaltige Wasser nur schwer angreifbar sind, wie der Grammatit, wurden dabei nicht zersetzt, sondern nur in Folge der Volumverminderung, wenn auch nicht sehr stark, zerrissen und verschoben. Es fragt sich nun, woher die Eisenlösungen rühren, welche diese Umwandelung bewirkt haben, die nach der geringen Veränderung, welche die ursprünglich im Kalk und Dolomit enthaltenen accessorischen Mineralien erlitten haben, offenbar während sehr langer Zeiträume und vermuthlich durch stark verdünnte Lösungen erfolgt sein muss. Ich nehme keinen Anstand, die letzteren als Auslaugungs-Producte des Eisengehaltes der Phyllite anzusehen, umsoweniger als auch die Elemente sämmtlicher begleitenden Schwefelmetalle in diesem nachgewiesen sind (s. S. 440). Die Menge der Eisenoxyde im Phyllit von Juliushammer beträgt 6 Proc., was vollkommen ausreicht, um solche Wirkungen hervorzubringen, wenn dazu nur lange Zeiträume in Anspruch genommen werden dürfen. Wann die Umwandlung der Kalk- und Dolomit-Lager in Eisenspath erfolgt ist, lässt sich einstweilen noch nicht beurtheilen, vermuthlich

Digitized by Google

fällt sie in die Tertiär-Periode. Wenigstens scheinen dieser die unter den mächtigen Quarzgeröll- und Lehm-Lagen und über den Erzlagern auftretenden Letten anzugehören, welche von vollständig zersetzten Phylliten nicht zu unterscheiden sind und eckige Kalk- und Phyllit-Brocken umschliessen, welche durch Brauneisenstein verkittet erscheinen [1]). Dass sich gar manche Erzlagerstätten in anderen Ländern auf ähnliche Weise gebildet haben müssen, ist nicht zweifelhaft. Es bedarf nur eines Blickes auf das von Cordella gegebene Bild der Lagerstätte des Laurion bei Athen, um sich davon zu überzeugen.

Damit wäre die Schilderung der krystallinischen Schiefer-Gesteine, wie sie sich in dem hier zu besprechenden Gebiete im normalen Zustande darstellen, beendigt. Ich werde auf dieselben erst wieder zurückkommen, wenn die Produkte der Umwandlung zu besprechen sind, welche sie durch unmittelbare oder mittelbare Berührung mit den Lithionit-Graniten erfahren haben.

Der Lithionit-Granit.

Bei einer vor acht Jahren unternommenen Untersuchung des dunkelen Glimmers des Granits von Eibenstock im Erzgebirge fand ich zuerst, dass derselbe ein Lithion-Eisenglimmer sei [2]), welcher sich vor dem Löthrohre durch leichte Schmelzbarkeit unter purpurrother Färbung der Flamme von allen ähnlich aussehenden unterscheidet. Derselbe erscheint in dickeren Blättchen in ganz frischem Zustande in Tafeln $0P.\infty P.\infty P\infty$ von schwarzbrauner Farbe, ist aber leicht zu dünnen, kaffeebraun gefärbten und durchsichtigen, scheinbar optisch-einaxigen Blättchen spaltbar. Das spec. Gewicht beträgt 2,983. Die qualitative Analyse ergab weiter, dass dieser Glimmer ausser Zinnsäure, die ich schon früher in

1) v. Gümbel a. a. O. S. 344.
2) Jahrb. f. Min. 1880 Bd. I S. 257.

Digitized by Google

allen von mir untersuchten Lithion-Glimmern entdeckt hatte[1]), auch Arsen, Kupfer, zuweilen auch Wismuth und Uran enthalte und sich durch beträchtlichen Gehalt an Fluor auszeichne. H. Schröder[2]) hat kurz nachher eine quantitative Analyse des gleichen Glimmers veröffentlicht, in welcher indess die Menge des Fluors leider nicht bestimmt ist. Diese Analyse ergab folgende Zahlen:

Kieselsäure	39,042
Titansäure	0,569
Zinnsäure	0,223
Thonerde	23,561
Eisenoxyd	6,096
Eisenoxydul	12,422
Bittererde	0,966
Kalk	0,781
Lithion	3,386
Kali	8,514
Natron	0,713
Wasser	3,245
Borsäure	Spur

Dieselben Merkmale zeigen die braunen Glimmer zahlloser Granite des sächsischen und böhmischen Erzgebirges, des Karlsbader Gebirges, Kaiserwaldes, des centralen Fichtelgebirges und des Steinwalds, dann Central-Frankreichs (Vaulry, Montebras, Meymac, la Lizolle), Cornwalls, Irlands, Sibiriens (Onon u. a. O.), vermuthlich auch jene der ostindischen Inseln Banca und Bilitong[3]). Ich habe diesen Glimmer, welcher in den betreffenden Graniten stets als wesentlicher Gemeng-

1) Sitzungsber. d. k. b. Akad. d. Wissensch. math.-naturw. Cl. 1878 S. 36.

2) Erläuterungen zu Section Eibenstock S. 6.

3) F. Sandberger, Neue Beweise für die Abstammung der Erze aus dem Nebengestein. Verh. d. phys.-med. Gesellsch. zu Würzburg. N. F. Bd. XVIII.

Digitized by Google

theil eingewachsen auftritt. Protolithionit[1]) benannt, da es ja auch jüngere secundäre Eisenlithionglimmer gibt, als deren Typus der Zinnwaldit zu betrachten ist.

Eine wesentlich verschiedene Zusammensetzung wie der Protolithionit besitzt ein noch tiefer, fast schwarz gefärbter Glimmer, welcher in dem grobkörnig porphyrartigen Granit am Schönlinder Schlossberge bei Röslau im Fichtelgebirge im Gemenge mit wenig Quarz ziemlich grossblätterige bis kopfgrosse Ausscheidungen bildet. Die Analyse des Herrn Dr. Böttger, Assistenten am Laboratorium für angewandte Chemie in Erlangen, ergab nach Abzug des Apatits, welcher in den Blättchen häufig in sehr feinen Nadeln eingewachsen ist, folgende Zahlen:

		Sauerstoff	
Kieselsäure . . .	36,260	19,34	
Titansäure . . .	1,722	0,69	20,08
Zinnsäure . . .	0,256	0,05	
Thonerde . . .	13,391	6,27	9,72
Eisenoxyd . . .	11,512	3,45	
Kupferoxyd . .	0,042	0,008	
Bleioxyd . . .	0,011	0,0007	
Eisenoxydul . .	14,945	3,32	
Manganoxydul .	0,598	0,13	6,43
Bittererde . . .	7,146	2,86	
Kalk	0,423	0,12	
Kali	7,285	1,24	
Natron	2,446	0,63	1,98
Lithion	0,206	0,11	
Wasser	3,320	2,95	
Fluor	0,525		
	100,088		

nebst Spuren von Borsäure, Arsen, Kobalt, Nickel, Antimon und Wismuth, vielleicht auch Wolfram.

1) Unters. über Erzgänge II. S. 169.

Digitized by Google

Recht auffallend erscheint der hohe Gehalt an Bittererde und der verhältnissmässig niedere an Lithion. In Folge des ersteren schmilzt dieser Glimmer beträchtlich schwerer und mit weit schwächerer Flammenfärbung als der ächte Protolithionit. Offenbar identische basische Ausscheidungen finden sich noch an mehreren Orten im Fichtelgebirge, z. B. an der Luisenburg, sowie in den Graniten von Sandau und Schönfeld in Böhmen u. a. O. In einer jener der Feldspathe gleichkommenden Menge tritt Protolithionit nur in wenigen Varietäten des Granits auf.

Der zweitwichtigste Bestandtheil der Lithionit-Granite ist der Orthoklas. Derselbe erscheint im frischesten Zustande z. B. an der Reuth bei Gefrees, in manchen Stücken aus der Gegend von Eibenstock farblos und stark glasglänzend, meist aber ist er bereits etwas getrübt und seine Farbe neigt dann ins Gelbliche, zuweilen auch ins Rothe (Gegend von Eibenstock, Kammerstein bei Johanngeorgenstadt u. s. w.). Die sogenannten Karlsbader Zwillinge von Selb und Markt Redwitz in Bayern, Elbogen und Hammer in Böhmen lassen sich in sehr verschiedenen Stadien der Veränderung beobachten, mitunter sind sie fast noch ganz frisch. Derartige Krystalle von 2,75 spec. Gew., von Breithaupt s. Z. unnöthiger Weise als Cottait bezeichnet, ergaben bei Rammelsberg's Analyse[1]):

		Sauerstoff		
Kieselsäure . .	63,02		33,61	11,8
Thonerde . .	18,28		8,55	3
Kali	15,67	2,66	3,39	1,2
Natron . . .	2,41	0,62		
Baryt . . .	0,48	0,05		
Bittererde . .	0,14	0,06		
	100,00			

1) Zeitschr. d. deutschen geol. Gesellsch. XVIII. S. 394.

Digitized by Google

Die Analyse eines Orthoklas-Zwillings aus dem glimmerreichen grob porphyrartigen Granit vom Strehlenberg bei Markt Redwitz von 2,56 spec. Gew. zeigte nach Herrn Dr. Böttger in Erlangen:

Kieselsäure	63,81
Thonerde	19,06
Eisenoxyd	0,42
Kali	12,22
Natron	2,56
Kalk	0,59
Baryt	nicht bestimmt
Wasser	0,55
	99,21

In sehr vielen Fällen ist es äusserst schwierig, hinreichend reinen Orthoklas zur Analyse zu gewinnen, da derselbe häufig andere Mineralien in regelloser, seltener in regelmässiger Lagerung enthält. Ausser meist ganz unregelmässig im Innern eingewachsenen grösseren und kleinen Viellingen kommt trikliner Feldspath nicht selten auch in jener regelmässigen Verwachsung, wie im Perthit oder als regelmässige Umrahmung von Orthoklasen vor und ist nur im letzteren Falle ablösbar. Dergleichen aus dem Gesteins-Gemenge isolirte Verwachsungen von Orthoklas mit Oligoklas geben bei der Analyse um so grössere Zahlen für Natron und Kalk, je mehr von letzterem vorhanden ist. So fand Böttger in Feldspathen aus dem Granit des grossen Kornbergs 1,12 Kalk, 5,19 Natron, 8,48 Kali und aus dem von Schneeberg 1,27 Kalk, 3,27 Natron, 10,54 Kali, während jener von Platten in Böhmen nur 0,63 Kalk, 5,19 Natron und 9,65 Kali und der von Schröder[1]) analysirte von Wilzschhaus bei Eibenstock nur eine Spur Kalk, aber 3,15 Natron und 12,62 Kali ergab. Aus diesen Daten geht mit Bestimmtheit hervor, dass bald Oligoklas, bald ein fast kalkfreier Albit mit dem Ortho-

1) Erläuterungen zu Section Eibenstock S. 4.

Digitized by Google

klase in der angedeuteten Art verwachsen auftritt. Die Bausch-Analysen der Gesteine, welche später weiter erörtert werden sollen, lassen an den für Kalk gefundenen Zahlen deutlich erkennen, dass in dem Eibenstock-Neudecker Stocke vorherrschend Albit, in den fichtelgebirgischen dagegen Oligoklas neben Orthoklas vorkommt.

Nicht minder häufig als solche von Plagioklas beherbergen die Orthoklas-Krystalle auch Blättchen von braunem Glimmer. Fast immer regellos zerstreut, zeigen sie doch auch an einem Fundorte, dem Schönlinder Schlossberge bei Röslau eine regelmässige Anordnung. Sie bilden hier nämlich sehr schmale, der äusseren Gestalt des Krystalls genau parallele Umrahmungen des bald kleinen, bald grösseren Kerns der Feldspathe, welche denselben gegen die peripherische, ebenfalls aus reiner Feldspathsubstanz bestehende Zone scharf begrenzen. Ich wurde auf diese Erscheinung, die aber keineswegs bei allen grossen Orthoklasen des dort anstehenden glimmerreichen gross porphyrartigen Granits auftritt, s. Z. durch die Herrn Alb. Schmidt und Dr. Kellermann aufmerksam gemacht. Leider ist der auch sonst interessante Fundort gegenwärtig fast ganz verschüttet.

Was nun die Formen betrifft, in welchen Orthoklas in Lithionit-Graniten auftritt, so herrscht in den meisten Fällen die Combination $\infty \breve{P} \infty . 0P . \breve{P} \infty . \infty P$ zu Zwillingen des sog. Karlsbader Gesetzes verwachsen vor und gibt sich beim Durchschlagen auch an solchen Stücken deutlich zu erkennen, welche keine gute äussere Ausbildung wahrnehmen lassen. Dick tafelartige Krystalle dieser Art bis zu 0,08 m Höhe charakterisiren besonders die glimmerreichen grob porphyrartigen Granite von Elbogen, Hammer, Petschau u. a. O. in Böhmen, Lorenzreuth, Röslau u. a. O. im Fichtelgebirge, längere parallel der schiefen Nebenaxe stark zusammengedrückte finden sich in den Varietäten vom Ochsenkopfe (Aufstieg von Karges), bei Weissenstadt, Selb, am Strehlen-

Digitized by Google

berge bei Redwitz und vielen anderen Orten, sie erreichen 0,08 m Höhe bei 0,03 Breite und nur 0,012 Dicke. Ungefähr in der Mitte stehen die bis 0,04 m langen, 0,05 hohen und 0,015 dicken prächtigen Karlsbader Zwillinge aus dem feinkörnig-porphyrartigen Granite vom Fichtelberg, Ochsenkopf und Schneeberg, sowie von Leupoldsdorf und Tröstau (gegen das Silberhaus) u. a. O., an welchen nicht selten auch noch $2\breve{P}\infty$ und die Säule $\infty\breve{P}3$ auftreten. Sie werden am häufigsten von einfachen Krystallen begleitet, an welchen die Combination $0\,P.\,\infty\breve{P}\infty.\,P\infty.\,\infty P$ vorherrscht, aber nicht selten auch $\infty\breve{P}3$ und $2\breve{P}\infty$ auftreten. Die parallel der schiefen Nebenaxe verlängerten Tafeln erreichen bis 0,055 m Länge bei 0,025 Höhe und ebensoviel Breite. Sehr selten kommen indess am Fichtelberge auch fast würfelförmige Gestalten vor, an welchen $\infty\breve{P}\infty.\,0\,P$ und $P\infty$ fast gleich stark entwickelt sind. Ebenso selten sind Zwillinge nach dem Bavenoer Gesetze (Zwillingsebene $2\breve{P}\infty$) und die schon 1828 von Naumann beschriebenen, welche nach $\infty\breve{P}3$ verwachsen sind. Noch andere sind seither nur durch wenige Stücke von Fichtelberg angedeutet. Aus manchen porphyrartigen Graniten z. B. Fichtelberg, Silberhaus, Redwitz, Elbogen, Petschau lösen sich solche Krystalle bei Beginn der Verwitterung des Gesteins oft sehr leicht los, behalten jedoch dabei meist noch eine durch eingewachsene Quarze, kleinere Feldspathe und Glimmerblättchen bedingte rauhe Oberfläche, während ihr Inneres oft noch eine sehr frische Beschaffenheit behalten hat.

In den Graniten von Eibenstock, Kammerstein bei Johanngeorgenstadt und den glimmerarmen porphyrartigen der Umgebung von Karlsbad, seltener auch in den feinkörnigen porphyrartigen von Fichtelberg, Silberhaus u. s. w. werden dagegen die Orthoklase früher angegriffen, als der Granit, in welchem sie liegen, und treten nicht selten mit schönster Erhaltung der Form in ölgrünen dichten bis klein-

Digitized by Google

schuppigen Aggregaten von 2,859 spec. Gew. auf, welche nach einer unvollständigen Analyse von Schröder [1]) die nachstehende Zusammensetzung zeigen:

Kieselsäure	46,56
Zinnsäure	Spur
Thonerde und Eisenoxyd . . .	37,04
Kalk	0,77
Kali, Natron und Lithion . . .	9—10
Wasser	3,95
	98,33

Eine Wiederholung der Analyse wäre sehr wünschenswerth.

Am häufigsten bilden gelbliche und gelblichgraue schuppige, oft durch eingemengten Rotheisenocker geröthete Pinitoid-Aggregate solche Pseudomorphosen, die sich aber selten vollständig aus dem Gestein herauslösen lassen. Dagegen gelingt diess leicht mit den erwähnten ölgrünen ganz speckstein-ähnlichen, welche schon v. Struve [2]) und Goethe [3]) vortrefflich beschrieben haben und die auch Hauy bekannt waren. Crasso [4]) hat sie später analysirt. Viele davon fand ich in einer auf Veranlassung Goethe's zusammengestellten Suite der Gegend von Karlsbad vor, welche im Anfang des Jahrhunderts für die Würzburger Sammlung erworben wurde. Soweit ich beobachten konnte, sind es vorzugsweise mit Oligoklas-Einschlüssen versehene Orthoklase, welche dieser Umwandlung unterliegen. Auch der Protolithionit-Granit von Montebras (Creuse) zeigt solche Umwandlungen der Orthoklase. Von der weit tiefer greifenden und mit völliger Wegführung der Basen ausser der Thonerde verbundenen Umwandlung der Orthoklase zu Kaolin, welche am ausgezeichnetsten bei Karls-

1) Erläuterungen zu Section Eibenstock S. 26.

2) Leonhard's Taschenbuch, Jahrg. 1807 S. 171.

3) Daselbst, Jahrg. 1808 S. 9.

4) Rammelsberg, Handwörterbuch der Mineral-Chemie I. S. 235.

Digitized by Google

bad, aber auch an dem Granite der v. Schwarz'schen Speckstein-Grube bei Göpfersgrün u. a. O. im Fichtelgebirge zu beobachten ist, muss die eben erwähnte scharf unterschieden werden.

Der Quarz ist zuweilen ganz farblos, meist aber rauchgrau, stark fettglänzend und nur in porphyrartigen Varietäten zeigt er Anlage zur Ausbildung deutlicher Krystallflächen, z. B. in jener von Fichtelberg, den sog. Hirschsprung-Graniten der Gegend von Karlsbad u. s. w. Häufig zieht er sich in der Form merkwürdig verästelter Körnerreihen durch das Granit-Gemenge. Von Einschlüssen führt er nicht selten Blättchen von braunem Glimmer, häufiger Apatit-Nadeln und Flüssigkeits-Bläschen mit unbeweglicher, selten beweglicher Libelle.

Der Plagioklas scheint in keinem Protolithionit-Granite vollständig zu fehlen. Man kann auf Vorhandensein von ächtem Oligoklas schliessen, wenn die Bausch-Analyse des Gesteins besonders hohe Zahlen für Kalk und Natron zeigt, auf das von albitähnlichem Oligoklas [1]), wenn sie solche für letzteres allein ergibt. Wo sich die beiden Feldspathe durch verschiedene Färbung auszeichnen, wie in den Graniten von Eibenstock, dem Kammerstein bei Johanngeorgenstadt, manchen Varietäten des sehr analogen der Gegend von Karlsbad, sind dieselben schon mit freiem Auge gut erkennbar. Ebenso gelingt diess bei sehr frischen Gesteinen, wie z. B. jenem der Reuth bei Gefrees, besonders deutlich ferner bei denen des grossen Waldsteins und des Kapellenbergs bei Schönberg, deutlich auch am Granit des Dreikreuzbergs bei Karlsbad, jenen aus der Nähe des Werner-Schachtes bei Joachimsthal und von Geyer in Sachsen durch die Viellings-Streifung, welche im grellen Sonnenlichte mit der Lupe so leicht aufzufinden ist. Es bleiben aber immerhin auch Gesteine übrig, in welchen

1) Descloizeaux, Oligoclases et Andesine. Tours 1884 p. 9 (Oligoklas-Albit, Scheerer).

Digitized by Google

man den Plagioklas erst bei Betrachtung der mikroskopischen Schliffe im polarisirten Lichte nachzuweisen vermag. Bis jetzt ist reiner Plagioklas aus den Protolithionit-Graniten nur einmal isolirt und theilweise analysirt worden [1]), da er nur selten in dazu geeigneter grösserer Quantität getroffen wurde, sondern dem Orthoklas gegenüber stets eine untergeordnete Rolle spielt.

Der lichte Glimmer erweist sich im Gegensatze zu dem dunkelen im Polarisations-Apparate optisch-zweiaxig mit grossem Axenwinkel und stimmt in der Form seiner Schleifen gänzlich mit dem gewöhnlichen Kaliglimmer überein, von dem er in chemischer Beziehung nur zuweilen dadurch abweicht, dass er eine Spur Lithion enthält. Herr Dr. Böttger hat dieses Mineral aus dem mittelkörnigen Granite des kleinen Kornbergs, in welchem es reichlich vorkommt, isolirt und in einer Probe von 2,87 spec. Gew. gefunden:

Kieselsäure	47,95
Thonerde	30,26
Eisenoxyd	2,43
Eisenoxydul	3,10
Kalk	0,98
Bittererde	0,94
Kali	10,25
Natron	2,00
Lithion	geringe Spur
Wasser	2,85
Fluor	nicht bestimmt
	100,76

In dem Kaliglimmer aus dem Granit der Luisenburg fand ich ausserdem Spuren von Kupfer und Zinn, welche auch in anderen Varietäten selten fehlen, aber kein Arsen.

Am reichlichsten trifft man den Kaliglimmer in den

1) Erläuterungen zu Section Eibenstock S. 4. M. Schröder fand in einem solchen nur 0,512 proc. Kalk.

Digitized by Google

mittelkörnigen Graniten des Steinwaldes und Fi... z. B. an der Luisenburg, dem Rudolfstein, grossen W... Marktleuthen, an den Kornbergen, dem Kapellenberg ... berg (auf sächsichem Gebiete), Sandau (Kaiser... welchen solche aus Central-Frankreich (Vaulry ... ins Kleinste übereinstimmen, aber auch in fein... grossen Kornberg, Schönlinder Schlossberg bei R... kreuzberg. Selten ist Kaliglimmer in dem Gestein... bei Gefrees und in den Graniten der Gegend von E... welche mir zu Gebote stehen, habe ich ihn nicht ... den analogen Graniten der Gegend von Karlsbad (E... sprung-Granit v. Hochstetter's) und den glimmerreich... porphyrartigen vom Schönlinder Schlossberg bei ... Petschau, Elbogen u. s. w. scheint er ganz zu fe... Gümbel[1]) hat daher sehr Recht gehabt, das Auftr... Kaliglimmers als sehr wechselnd zu bezeichnen. Nic... selten zeigt sich der Protolithionit in engster und vers... artig gestalteter Verbindung mit dem Kaliglimmer, ... letzterer bald mehr oder weniger breite Umrandun... ersteren bildet, durch welche die Spaltbarkeit ununterb... hindurchsetzt, so am Steinwald und grossen Waldst... fast noch schöner am Kapellenberge bei Schönberg[2] ... in ganz unregelmässiger Verwachsung mit ihm, wie ... Reuss[3]) ausführlich gezeigt hat. Wie an anderen ... erweist sich auch im Fichtelgebirge der Kaliglimmer ... schwerer verwitterbar, als der eisenreiche Protolithionit.

Von accessorischen Bestandtheilen der Lithionitgra... sind vor Allem Zirkon- und Apatit-Mikrolithe anzufüh... welche kaum jemals fehlen. Besonders reich an mannigf... ausgebildeten Formen erweist sich das mittelkörnige Ge... des Schönlinder Schlossberges. Topas ist meist in ebensolch...

1) a. a. O. S. 134.

2) Erläuterungen zu Section Elster-Schönberg S. 18.

3) Abh. d. k. k. geol. Reichsanstalt I. S. 20.

Digitized by Google

Form, aber auch manchmal wie am Rudolfstein[1]) in mit freiem Auge unterscheidbaren Körnern eingewachsen. Nach Ad. Schwager's Analyse enthält er:

Kieselsäure	39,04
Thonerde	48,18
Fluor	13,13
	100,35

Schwach manganhaltigen Almandin-Granat beobachtete ich in kleinen Körnern und Trapezoëdern in den Gesteinen der Luisenburg und Kösseine, hoch manganhaltige kleine und grössere Krystalle (2 O 2) in dem feinkörnigen Granit und Pegmatit des Schönlinder Schlossberges bei Röslau. Titanhaltiges Magneteisen ist in manchen z. B. dem Luisenburger Granit häufig in kleinen Körnern eingemengt, hexagonales kupfer- und manganhaltiges Titaneisen von 4,659 spec. Gew., mitunter in der einfachen Combination 0 P. ∞ P krystallisirt, in jenem von Röslau und Selb und in dem überaus grobkörnigen sog. Stockscheider-Granit von Geyer, wie es scheint, von primitiver Bildung, während das später zu besprechende von Hengstererben in Böhmen wohl secundären Ursprungs sein dürfte. Turmalin ist im Fichtelgebirge besonders am Epprechtstein in mit Quarz verwachsenen strahligen Aggregaten sehr schön vertreten und sehr ausgezeichnet auch bei Selb in kleineren Parthien, findet sich aber auch noch an vielen anderen Orten, doch nicht so gewöhnlich wie bei Eibenstock und Karlsbad, von ihm wird später noch die Rede sein. Beryll ist im Fichtelgebirge nur in pegmatitischen Ausscheidungen des Granits am Schönlinder Schlossberge bei Röslau vorgekommen, wo er von Herrn Dr. Kellermann zuerst bemerkt wurde. Er bildet hier blassgrünliche Säulen ∞ P. 0 P von 0,05 m Länge. Aus den Graniten von Altenberg, Johanngeorgenstadt und Geyer in Sachsen und Neudeck in Böhmen ist er schon länger bekannt.

1) v. Gümbel, a. a. O. S. 359.

Digitized by Google

Was nun die Classification der Lithionit-Granite betrifft, so muss von vorneherein bemerkt werden, dass sie nur eine künstliche sein kann, da fast von allen Beobachtern Uebergänge zwischen den vorherrschenden Varietäten anerkannt werden; so fanden v. Gümbel[1]) und ich solche im Fichtelgebirge, ebenso bei Karlsbad, Sandau, Hengstererben, Geyer und vielen anderen Orten im sächsischen und böhmischen Erzgebirge und dem Kaiserwalde. Auch die chemischen Analysen, welche im Folgenden bei den einzelnen Varietäten aufgeführt werden sollen, weisen nur solche Unterschiede auf, welche sich durch Einmengungen grösserer Quantitäten von Plagioklas (Kalk- und Natron-Gehalt) oder Protolithionit (Eisen- und Lithion-Gehalt) sofort erklären.

Behufs der bequemeren Uebersicht scheint es am gerathensten, unter den Protolithionit-Graniten glimmerreiche und glimmerarme zu unterscheiden, von jeder dieser Haupt-Gruppen gibt es wieder Untergruppen mit grobkörniger, mittelgrobkörniger, feinkörniger und porphyrartiger Structur. Manche von diesen Gesteinen sind bereits analysirt, wenn auch in der Regel nicht mit Berücksichtigung des Lithions, Zinns und der Schwermetalle, ich werde diese Analysen regelmässig auf die Beschreibung der betreffenden Gruppe folgen lassen.

1. Glimmerreicher Protolithionit-Granit.

a. Mittelkörnig. Das Gestein besteht aus weissem oder gelblichem Orthoklas, meist in Form von Karlsbader Zwillingen, unregelmässig verwachsen mit lichtgrauem Quarze. In diesem Gemenge sind Protolithionit in einzelnen Blättchen, dann Oligoklas, meist in geringer, sowie lichter Kaliglimmer in stark wechselnder Menge eingestreut. Die Glimmer treten nicht selten in der Weise verwachsen auf, dass der lichte den dunkelen umrandet und die Ebene der Spaltbarkeit durch

1) a. a. O. S. 359.

Digitized by Google

beide gleichmässig hindurchgeht. Im Fichtelgebirge und Steinwalde ist die Kaliglimmer reichlicher enthaltende Varietät die häufigste; sie tritt in der Ochsenkopf- und Schneeberg-Gruppe, dann an den Waldsteinen im Marktleuthener Stocke, dem Epprechtstein, den Kornbergen, sowie in dem Selber und Ascher Stocke auf. Granite vom Kapellenberge bei Schönberg (Sachsen) und dem grossen Waldstein sind ganz ununterscheidbar, ebenso jene von Sandau u. a. O. im Kaiserwalde. Im südlichen Theile des Eibenstock-Neudecker Stockes sind solche Granite nicht selten, im nördlichen (sächsischen) scheinen sie nicht aufzutreten. Sehr ausgezeichnet finden sie sich auch in Central-Frankreich bei Vaulry u. a. O. in den Departements Haute-Vienne und Creuse, ebenso bei Redruth und Luxulian (Cornwall). Protolithionit herrscht über den Kaliglimmer sehr stark vor in den Gesteinen des Kösseinestockes einschliesslich der Luisenburg, noch mehr aber in dem der Reuth bei Gefrees. Die mir durch Herrn Dr. Schalch zugesandten Stücke des Zinnwalder Granits verhalten sich ähnlich; zwar ist der Protolithionit meist schon stark ausgelaugt und gebleicht, aber doch noch leicht von dem Kaliglimmer zu unterscheiden. In den Gesteinen von Bernstein und Grafenreuth, dem Wellenthal bei Hohenberg und dem Wolfsberg bei Joachimsthal, sowie an verschiedenen Orten (Mückelberg-Wasserfall, Schneiderrang oberhalb der Waldquelle u. s. w.) bei Marienbad findet sich gar kein Kaliglimmer.

Auf Gesteine dieser Gruppe beziehen sich die auf S. 466 unter I mitgetheilten Analysen.

b. Der Uebergang solcher Gesteine in porphyrartige mit bis 0,08 m langen Orthoklasen ist fast überall, wo sie vorkommen, zu beobachten, sehr schön z. B. am Ochsenkopf, am Haberstein, Schönlinder Schlossberg bei Röslau, Weissenstadt, Selb, Liebenstein u. a. O. nordöstlich von Hohenberg im Fichtelgebirge, Elbogen, Marienbad, Sandau u. a. O. im

Digitized by Google

I.

	SiO_2	TiO_2	Al_2O_3	Fe_2O_3	FeO	MnO	CaO	MgO	K_2O	Na_2O	Li_2O	H_2O	P_2O_5	F	Sonstiges	Sauerstoff-Quot.	Spec. Gew.	Analytiker:
Kleiner Kornberg	74,03	vorh.	13,87	0,09	0,95	—	0,30	0,15	6,14	3,71	vorh.	1,17	0,27	vorh.	Cu	0,2263	2,662	Dr. Aug. Böttger in Erlangen (Mittheilung).
Epprechtstein	77,48	—	11,84	0,57	1,63	—	0,43	0,27	3,73	2,48	vorh.	1,56	0,23	vorh.	(Cu)	0,2170	2,663	Desgl.
Luisenburg	71,93	vorh.	15,54	0,59	2,10	—	1,60	0,46	5,30	2,61	Spur	0,69	0,27	—	Cu	0,2807	2,664	Desgl.
Reuth bei Gefrees	71,58	—	14,39	1,40	1,27	—	2,01	0,93	4,82	3,31	vorh.	1,18	0,31	—	Cu	0,2420	2,668	Desgl.
Redruth (Carn brea hill)	74,69	—	16,21	Spur	1,16	0,58	0,28	0,48	3,64	1,18	0,10	1,23	—	—	—	0,281	2,64	Phillips Quart. Journ. geol. soc. 31 (1875) p. 330.
Gready bei Luxulion	69,64	—	17,35	1,04	1,97	Spur	1,40	0,21	4,08	3,51	Spur	0,59	Spur	—	—	0,294	2,72	Phillips Quart. Journ. geol. soc. 36 (1880) p. 8.

II.

	SiO_2	Al_2O_3	Fe_2O_3	FeO	CaO	MgO	K_2O	Na_2O	H_2O	P_2O_5	SO_3	Sauerstoff-Quot.	Spec. Gew.	Analytiker:
Strehlenberg b. Redwitz	68,90	16,80	1,77	1,64	1,80	1,34	3,11	3,90	1,91	0,24	—	0,356	2,681	Dr. Aug. Böttger in Erlangen (Mittheilung).
Katzenfels bei Graslitz	72,27	13,70	3,11	—	2,82	1,59	3,70	1,45	—	0,36	0,56	0,220	—	Notwotny. Laube Geol. d. böhm. Erzgeb. 1876 S. 20.
Schönlind (Böhmen)	68,49	15,38	3,26	—	2,64	1,74	2,26	5,45	—	0,36	0,51	0,303	—	Krauss. Laube Geol. d. böhm. Erzgeb. 1876 S. 20.

III.

	SiO_2	Al_2O_3	Fe_2O_3	FeO	MnO	CaO	MgO	K_2O	Na_2O	H_2O	P_2O_5	F	SO_3	Sauerstoff-Quot.	Spec. Gew.	Analytiker
Johanngeorgenstadt	75,81	10,98		1,60		[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]				[illegible]		
Klein-Versailles b. Karlsbad	[illegible]	[illegible]		[illegible]		[illegible]										
[illegible]																

Kaiserwalde, doch findet dabei meist eine beträchtliche Verringerung des Gehaltes an Kaliglimmer statt, während Oligoklas ziemlich stark vertreten ist, womit Steigerung des Eisen- und Kalk-Gehaltes und Verringerung des Kali-Gehaltes verbunden ist.

Auf Gesteine solcher Art beziehen sich die auf S. 466 unter II aufgeführten Analysen.

Diese beiden Varietäten umfassen das Meiste von dem, was Laube[1]) nach Hochstetter's Vorgang als „Gebirgs-Granit" bezeichnet, in der Meinung, dass es sich um einen von dem fast überall in Granit-Stöcken vorherrschenden nicht verschiedenen Typus handele, was nicht der Fall ist, da sowohl dieser als die übrigen Varietäten sich durch ihren constanten Gehalt an Protolithionit von jenem scharf unterscheiden.

c. Feinkörnige glimmerreiche Granite sind nicht häufig. Sie finden sich im Fichtelgebirge z. B. am grossen Kornberg, sowie in kleinen Gängen, welche am Fusse des Rudolfsteins in den Gneiss hereinsetzen. Die letzteren enthalten viele Turmalin-Nadeln, sowie Topas und Mangangranat in Körnern.

2. Glimmerarme Granite.

a. Sehr grobkörnige glimmerarme Granite. Diese Gruppe ist nur in Sachsen als sog. Stockscheider, d. h. als bis 4 m dicker Mantel feinkörniger Varietäten am Contacte mit Glimmerschiefer am grossen Stockwerk bei Geyer und bei Johanngeorgenstadt vertreten. Der spärliche dunkele Glimmer (s. oben) zieht sich in schmalen langen, oft fast dendritenähnlich gestalteten Aggregaten durch das sehr grobkörnige Gemenge von Feldspath und Quarz hindurch. Der Uebergang in sehr feinkörnige Massen erfolgt allmählich und ist überall deutlich wahrzunehmen.

b. Grob- und mittelkörnige glimmerarme Granite.

1) Geologie des böhmischen Erzgebirges, I. 1876 S. 15.

Digitized by Google

Sie bestehen aus Orthoklas, ziemlich viel Albit-Oligoklas grauem Quarz und wenig Protolithionit, welcher in einzelnen, oft sehr scharf ausgebildeten Tafeln oder Gruppen von solchen eingestreut ist. Schröder[2]) glaubt, dass das Gemenge ungefähr aus 5 Theilen Feldspath (Orthoklas und Oligoklas), 5 Quarz und 1—2 Theilen Protolithionit bestehe, was mir durchaus richtig zu sein scheint. Häufig treten Topas und Turmalin als accessorische Gemengtheile auf. Uebergang in

c. porphyrartigen glimmerarmen Granit mit grob- und mittelkörniger Grundmasse, aus welcher sich bis 6 cm lange Karlsbader Zwillinge von Orthoklas ausscheiden, gehört allerwärts zu den gewöhnlichen Erscheinungen.

Diese von Herm. Credner „Eibenstocker Turmalin-Granit" benannten Gesteine setzen den nördlichen Theil des Eibenstock-Neudecker Granit-Stockes auf den sächsichen Sectionen Schneeberg, Eibenstock, Falkenstein, Schwarzenberg, Johanngeorgenstadt, dann den Kammerstein bei Breitenhof unweit Johanngeorgenstadt, sowie die Stöcke von Platten, Streitseifen, Hengstererben u. s. w. zusammen. Sie spielen auch in dem von dem Eibenstock-Neudecker Stocke nur durch eine schmale Tertiärmulde getrennten Karlsbader Gebirge eine bedeutende Rolle. Namentlich ist hierher Alles zu zählen, was v. Hochstetter als „Hirschensprung-Granit" bezeichnet, trotzdem in diesem, wie ja auch schon in dem südlichen Theile des erwähnten Stockes etwas Kaliglimmer in das Gemenge eintritt. Auch in Cornwall sind solche Granite nicht selten, z. B. bei Sydney Cove, in Central-Frankreich bilden sie bei Montebras (Creuse) einen Stock. Im Fichtelgebirge treten sie bei Fichtelberg, Leupoldsdorf und am Schneeberge da auf, wo glimmerreichere Granite in die demnächst zu besprechende feinkörnige porphyrartige

2) Erläuterungen zu Section Eibenstock, S. 10.

Digitized by Google

Modification des glimmerarmen Gesteins übergehen. Sie sind am meisten der Zersetzung unterworfen und liefern in Folge dessen die vorzüglichsten Porzellanerden der Gegend von Karlsbad, auf dem Kamme des Erzgebirges aber die wasserdichte Unterlage weit ausgedehnter Torfmoore.

Auf diese Gruppe beziehen sich die auf S. 466 unter III aufgeführten gut unter einander übereinstimmenden Analysen.

Ihnen schliesst sich unmittelbar an:

d. porphyrartiger glimmerarmer Granit mit feinkörniger Grundmasse. Es sind ganz dieselben Bestandtheile, wie in c, nur in etwa um die Hälfte geringeren Dimensionen und ärmer an Oligoklas und Kaliglimmer, welche die so bezeichneten Gesteine bilden. Doch gehört zu einer vollständigen Charakteristik noch die Bemerkung, dass der Orthoklas ausser in Karlsbader Zwillingen auch noch und zwar gleich häufig in tafelförmigen Einzelkrystallen auftritt, denen die Combination 0P. ∞ P∞ . P∞ . ∞P zu Grunde liegt und dass der Protolithionit meist in putzenförmigen Anhäufungen auftritt. Turmalin habe ich in diesen Gesteinen nie gesehen. Am schönsten tritt diese Varietät in dem Ochsenkopf-Stocke bei Fichtelberg (Neubau u. s. w.), ferner am Schneeberge, an der Platte, sowie bei Tröstau und Leupoldsdorf im Fichtelgebirge auf. Im Erzgebirge und in Böhmen ist diese Varietät jedenfalls selten, jedoch würde ich ein von Herrn Dr. Schalch an der Chaussee zwischen Kissdorf und dem Bärenburger Gasthause bei Altenberg gesammeltes Gestein von gewissen, ebenfalls durch kleinere Orthoklase, als sie gewöhnlich vorkommen, ausgezeichneten Graniten der Platte und des Schneeberges nicht zu trennen vermögen.

Hierher gehört die folgende Analyse des Gesteins vom Schneeberg im Fichtelgebirge von Dr. Böttger:

Kieselsäure	75,25
Thonerde	13,36

Digitized by Google

Eisenoxyd	. . . . .
Eisenoxydul	. . . . .
Kalkerde	. . . . .
Bittererde	. . . . .
Kali	. . . . .
Natron	. . . . .
Wasser	. . . . .
Phosphorsäure	. . . . .

Ausserdem wurde auch *Lithion* gefunden.

Der Sauerstoff-Quotient = 0.222

Das spec. Gew. beträgt 2,669.

e. Die feinkörnigen *glimmerarmen* Granite der Hauptsache nach aus Orthoklas im Gemenge mit welcher zuweilen deutliche Krystallflächen zeigt (Jo thal in der Nähe des Werner-Schachtes, Schönlinder berg bei Röslau im Fichtelgebirge). Oligoklas ist wechselnder Menge (reichlich z. B. in *den Varietäten* Geyer und Joachimsthal, Katzenfels bei Graslitz und seifen), Protolithionit und Kaliglimmer *stets in geringer* handen, accessorisch treten Topas (Geyer, Sadisdorf), Tur (mehrfach) und Mangangranat (Schönlinder Schlossberg Röslau) auf. Zuweilen zeigen auch diese Gesteine por artige Struktur (Geyer, Sadisdorf, Karlsbad, namentlich von Hochstetter zu seinem Karlsbader Granit gezählte). ständige Stöcke bilden solche Gesteine *nur* im sächsis Erzgebirge bei Geyer, Altenberg und Zinnwald: Gänge in mannigfachen Formen sowohl im Fichtelgebirge als Erzgebirge zerstreut z. B. bei Röslau, am kleinen Kornberg bei Haslau, Liebenstein N O von Hohenberg und verschiede artig gestaltete Massen derselben greifen besonders bei Karl bad in andere Varietäten ein.

Auf Gesteine dieser Gruppe beziehen sich die folgenden Analysen.

Digitized by Google

	SiO_2	TiO_2	Al_2O_3	Fe_2O_3	FeO	MnO	CaO	Mg	K_2O	Na_2O	Li_2O	H_2O	P_2O	SO	r	Sa st Q	Sp G	
Eibenstock	77,50	—	14,21		—	—	0,10	Spur	4,54	3,35	Spur	0,20	—	—	vorh	—	—	W. Knop. Dalmer, Erl. z. Sect. Eibenstock, 1883, S. 10.
Dreikreuzbg. b. Karlsbad	74,30	—	13,55	—	2,57	—	0,51	0,16	5,67	2,31	—	0,11	—	—	—	0,218	—	Rube, Scheerer, Festschr. f. d. Jub. d. Berg-Ak. in Freiberg 1866 S. 180.
Karlsbad	73,23	?	15,47	—	3,34	—	0,80	0,24	4,38	1,70	—	0,65	--	—	—	0,242	—	Kohlschütter das. S. 176.
Geyer (Greifenstein)	75,96	—	15,01	Spur	—	—	2,70	0,33	1,53	4,49	—	Spur	—	Spur	Spur	—	—	Schalch, Erläuterungen z. Section Geyer S. 45.
Altenberg	74,68	0,71	12,73	—	3,00	Spur	0,09	0,35	4,64	1,54	—	1,17	—	—	—	0,199	—	Rube, Scheerer Ann. Chem. Pharm. 126 (1863) S. 32.
Streitseifen	72,91	—	13,89	0,85	—	—	1,52	0,73	3,99	2,76	—	—	—	1,82	—	0,228	—	Weber, Laube Geol. d. böhm. Erzgebirges 1876 S. 28.
Zettlitz	72,85	—	16,17	Spur	—	—	—	0,36	4,34	3,42	—	2,84	Spur	—	--	0,278	—	Reinitzer, das. S. 28.
Oberrothau	73,30	—	15,59	0,99	—	—	0,88	0,09	4,50	1,02	—	—	—	1,50	—	0,252	—	Endler, das. S. 28.
Unterrothau	75,23	—	15,15		—	—	Spur	Spur	4,67	3,53	—	1,49	Spur	—	—	—	—	Reinitzer, das. S. 32.
Katzenfels b. Graslitz	74,68	—	14,25	1,87	—	—	2,01	0,73	4,52	1,64	—	—	Spur	Spur	—	0,228	—	Weber, das. S. 32.
Botallak	74,54	—	14,86	2,53	0,23	Spur	2,29	Spur	3,73	3,49	Spur	0,87	—	—	—	0,235	2,66	Phillips, Quart. Journ. geol. soc. 31 (1875) p. 330.

Digitized by Google

Drusenräume gehören im Protolithionit-Granit nicht gerade zu den häufigen Erscheinungen, auch erreichen dieselben im Fichtelgebirge und Erzgebirge niemals die Dimensionen und den Reichthum an prachtvoll krystallisirten Mineralien, wie in der Gegend von Nertschinsk u. a. O. Sibiriens und auf Elba, gewähren aber trotzdem interessante und lehrreiche Thatsachen in Menge. Die wichtigsten Vorkommen gehören dem Fichtelgebirge an, in welchem sich namentlich der Epprechtstein bei Kirchenlamitz, einige Punkte bei Selb und in kleinerem Massstabe auch der Kapellenberg bei Schönberg besonders auszeichnen. Aber auch bei Rautenkranz u. a. O. der Gegend von Eibenstock, bei Karlsbad und im feinkörnigen Granite des Greifensteins bei Geyer kommen sie öfter vor, sie erreichen im Maximum einen längeren Durchmesser von 0,3 m.

Es wird nicht unerwünscht sein, einige derselben eingehend zu besprechen, da sie von früheren Beobachtern meist nur nebenbei erwähnt werden. Vor Allem ist zu bemerken, dass sich zwischen den hier in Betracht kommenden Mineral-Aggregaten und dem umschliessenden Granit in der Regel keine scharfe Grenze bemerken lässt und dass sie in sehr vielen Fällen keinen Hohlraum umschliessen, in welchem die einzelnen Mineralien sich zu guten Krystallen ausbilden konnten. Dieselben erscheinen vielmehr, wenigstens soweit es sich um die tiefsten Lagen handelt, nur als lokale Ausscheidungen des Gesteins, über welchen sich nur da, wo dieselben mit Bildung eines Hohlraumes verbunden waren, erst mannigfaltige Zersetzungs-Produkte des Gesteins anhäufen. Die meist mit Quarz oder Feldspath verwachsenen „Turmalin-Sonnen" des Eibenstocker und Karlsbader Gebietes[1]) und die meisten des Fichtelgebirges zeigen nur selten Hohlräume. Anders verhält es sich mit dem Vorkommen am

1) Schön und reichlich z. B. auf dem Gipfel des Dreikreuzberges u. a. O.

Digitized by Google

Epprechtstein bei Kirchenlamitz, Greifenstein bei Geyer und und an mehreren Orten der Gegend von Eibenstock.

Die Drusen des Epprechtsteins sind durch den dortigen grossartigen Steinbruchbetrieb wohl am besten aufgeschlossen und häufig von sehr beträchtlicher Grösse, zu welcher denn auch die Dimensionen der in ihnen ausgebildeten Krystalle im Verhältniss stehen. So gibt es dort Bavenoer Zwillinge von Pegmatolith von 0,07 m Breite und auch die Bergkrystalle (Rauchtopase) erreichen beträchtliche Dimensionen.

Es dürfte sich empfehlen, zunächst eine Uebersicht über die sämmtlichen in den Drusen auftretenden Mineralien in der durch wiederholte Vergleichung der an Ort und Stelle aufgesammelten Stücke ermittelten Reihenfolge darzubieten und daran die Resultate der Untersuchung der einzelnen Körper anzuschliessen.

Gegen die Druse hin wird das Gemenge des mittelkörnigen Granits allmählich grobkörniger und stellenweise auch ärmer an Glimmer (1, c), welcher sich zwar an anderen Stellen entweder in grösseren Krystallen oder blumigblätterigen Büscheln einfindet, aber an Menge gegen den grauen Quarz (1, b) und Pegmatolith (1, a) stets zurücktritt, welche meist in ganz unregelmässiger Weise, öfter aber auch nach Art des sogenannten Schriftgranits mit einander verwachsen die allgemeine Grundlage der Druse bilden. Der Glimmer ist stets Zinnwaldit, zuweilen von seltener Frische und rothbrauner Farbe, meist aber schon angegriffen und gelblichgrau gefärbt. Am Rande dieser Lage, aber nicht in derselben sind bis erbsengrosse Körner von Arsenikkies eingewachsen, welche zuweilen schon völlig in Pitticit umgewandelt erscheinen. Auf diese Mineralien folgt zunächst schwarzer, braun durchscheinender Turmalin I (2) bald in zusammenhängenden strahligen Massen (Sonnen), bald in kleineren Aggregaten und selten auch in beginnenden Pseudomorphosen nach Pegmatolith, welche bekanntlich an mehreren

Digitized by Google

Orten in Sachsen und Cornwall vollendet getroffen werden[1]). Demnächst folgt in der Regel grünlichgrauer, in dünnen Blättchen jedoch farbloser secundärer Glimmer (3) (s. unten) in Ueberzügen auf 1, a, welche sehr häufig dicke Umhüllungen über und selbst hohle Pseudomorphosen nach Pegmatolith bilden. Zuweilen scheinbar gleichzeitig, aber in der Regel deutlich auf 3 aufgewachsen tritt farbloser oder rein weisser Albit (4) auf, welcher sich durch grossen Flächen-Reichthum auszeichnet. Flussspath (5) in einzelnen Krystallen, seltener Aggregaten von blauer oder grüner Farbe bildet eine Zierde mancher Drusen. Ihn bedeckt ein zweites glimmerähnliches Mineral (6, a), der ächte Gilbertit, welcher auf Zinnwaldit, sowie in Pseudomorphosen nach diesem vorkommt. Mit ihm ist fast immer nadelförmiger Turmalin II (6, b) verwachsen. Beide Mineralien werden nicht selten von Rauchtopas (7) oder Quarz II umhüllt. Dieser tritt aber nicht selbstständig auf, sondern erscheint nur in Form neuerer Anwachsschichten der in die Drusen hereinreichenden Krystalle des älteren Quarzes 1, b, welchem derartige Einschlüsse fremd sind. Vereinzelt kommen dann noch vor: nadelförmiger Zinnstein (8) und Wolfram (9), häufiger aber graulichgrüner Apatit (10), traubiger Hyalit (11), Lithiophorit (12), Kalk- Uranglimmer (13, a) und Kupfer-Uranglimmer (13, b).

Es mag nun die genauere Schilderung der einzelnen Mineralien folgen. Dieselbe beginnt am besten mit dem wichtigsten von allen, dem Orthoklas (Pegmatolith Breith.). Einfache Krystalle desselben sind nicht häufig, sie zeigen die Combinationen ∞ P. 0 P. $\breve{P}\infty$. $\infty \breve{P}\infty$ oder ∞ P. $\infty \breve{P}\infty$. 0 P. 2 $\breve{P}\infty$. $\breve{P}\infty$. P, auch $^1/_2$ P ist zuweilen bemerkbar. Die ausschliesslich nach dem Bavenoer Gesetze gebildeten Zwillinge zeigen diese Formen stets in der bekannten Verkürzung und

1) Breithaupt, Berg- und Hüttenm.-Zeitung 1852. S. 188 ff. Blum. Pseudomorphosen III. Nachtr. S. 134 f.

Digitized by Google

erreichen, wie schon oben erwähnt, zuweilen eine sehr beträchtliche Grösse. Das spezifische Gewicht dieser weiss oder höchstens blass fleischroth gefärbten Orthoklas-Varietät ergab sich zu 2,528. Die Zusammensetzung ist nach der Analyse von Dr. Pecher (I) folgende, zum Vergleiche sind die Analysen desselben Minerals von Striegau von E. Becker (II) und von Baveno von Abich (III) beigefügt.

	I Epprechtstein. (Pecher)	II Striegau. (Becker)	III Baveno. (Abich)
Spec. Gew.	2,528	2,479	nicht bestimmt.
Kieselsäure	62,84	65,56	65,72
Thonerde	19,12	17,36	18,57
Eisenoxyd	Spur	0,39	Spur
Kalk	1,65	0,54	0,34
Baryt	0,29	0,32	nicht bestimmt.
Bittererde	1,66	1,08	0,10
Kali	11,80	12,29	14,02
Natron	2,36	2,27	1,25

Bei der mikroskopischen Untersuchung ergaben sich stellenweise nach Art des Perthits ausgebildete Einlagerungen, welche z. Th. nur aus sehr dünnen Lamellen eines fein gestreiften triklinen Feldspaths, z. Th. aber aus solchen von farblosem Quarz bestanden und vor der Analyse nicht zu entfernen waren.

Der Quarz tritt zuweilen in bis 0,05 m langen schmutzig grauen Krystallen $\infty P. \pm R$ auf, von welchen besonders die kleineren sehr schön ausgebildet sind. Zuweilen wurden an ihnen die Flächen $\frac{2}{4} P 2$, einmal auch $^5/_3 P ^5/_3$ bemerkt. Im Glührohre entfärbt sich das Mineral unter Entwickelung von bituminösem Geruch vollständig. Breithaupt bezeichnet es mit Recht als den gewöhnlichen Begleiter des Pegmato-

Digitized by Google

liths, was ja auch für andere Fundorte, Mourne Mountains, Baveno, Striegau u. s. w. vollständig zutrifft.

Der Zinnwaldit erscheint, wie oben erwähnt, in dem grobkörnigen Gemenge von Pegmatolith und Quarz entweder in einzelnen Krystallen 0 P. ∞ P. ∞ P ∞ bis zu 2,5 cm Länge, in blumigblätterigen oder grossschuppigen Aggregaten, zeigt aber, wie zu Zinnwald, nur selten mehr die röthlichbraune Farbe, welche ihm im ganz frischen Zustande zukommt, sondern meist schon eine gelblichgraue und fein gepulvert eine lichtgraue. Vor dem Löthrohr schmilzt er unter intensiv karminrother Färbung der Flamme leicht zu schwärzlichem Glase. Seine optischen Eigenschaften unterscheiden den stets nur in Drusen und auf Gängen vorkommenden Zinnwaldit überaus leicht von dem Protolithionit, Löthrohr- und sonstiges chemisches Verhalten dagegen von den bald zu besprechenden secundären glimmerähnlichen Substanzen.

Der schwarze Turmalin gehört zu den schönsten der in den Ausscheidungen vorkommenden Mineralien, ist aber keineswegs in allen in gleich grosser Quantität zu beobachten. Wo er deutliche Krystallformen zeigt, bestehen diese immer aus den Flächen $\frac{\infty R}{2}$. ∞ P 2. R. — 2 R, wie sich am schönsten in Drusen von Selb, aber auch am Epprechtstein, Kapellenberg bei Schönberg, bei Eibenstock und Karlsbad beobachten lässt. Dünne Nadeln sind durchsichtig und zeichnen sich durch sehr schönen Dichroismus, nämlich rothbraun in der Richtung der Hauptaxe und indigoblau in jener der Nebenaxen aus. Das specifische Gewicht der Varietät vom Epprechtstein beträgt 3,207 bei 4° C. Vor dem Löthrohr färbt der Turmalin die Flamme für sich sehr schwach purpurroth und schmilzt dann zu schwarzem Email. Mit saurem schwefelsaurem Kali und Flussspath entsteht aber die blassgrüne Flamme, welche dem Borsäure-Gehalte entspricht.

Digitized by Google

ı **nicht** wohl bezweifeln, dass die von Chr. Gmelin[1]) **te Analyse** eines schwarzen Turmalins von Eiben- ı **auf diese** Varietät bezieht. Sie ergab:

lsäure	33,05
ıure	1,89
ıerde	38,23
ıoxydul	23,86
;	0,86
ron (mit Spuren von Kali und Bittererde)	3,17
hverlust	0,45
	101,51

ıllte baldmöglichst wiederholt werden, da sie dem ı Standpunkte der Wissenschaft nicht mehr entspricht. ıeueren Analysen gehören hierher die von F. Johnson . H. Collins[2]) ausgeführten der schwarzen Turmaline ittle Carclase (a) und Trevisco (b) in Cornwall

	a	b
Kieselsäure	46,12	43,22
Thonerde	18,40	23,14
Eisenoxyd u. Eisenoxydul	21,90	20,87
Manganoxydul	—	0,10
Bittererde	0,50	0,40
Kalk	0,40	0,51
Natron	4,50	2,10
Kali		2,34
Phosphorsäure	—	Spur
Borsäure	5,40	5,60
Glühverlust	1,50	1,47
Fluor u. Verlust . . .	0,68	0,25
	99,40	100,00

Ausserdem fand ich[3]) in allen Turmalinen aus Lithionit-

1) Poggendorff's Annalen IX. 172.

2) Collins, Cornish Tin Stones and Tin Capels. Truro 1888 p. 41.

3) Untersuchungen über Erzgänge II. S. 170.

Digitized by Google

Graniten noch Zinnsäure, Mangan, Lithion und Spuren von Kobalt, worauf vorher nicht geachtet worden war. Da dieselben an gewissen Orten in Sachsen und Cornwall in Pseudomorphosen nach Pegmatolith auftreten[1]), so wird man wohl den in den Sonnen und Drusen vorkommenden Turmalin für eine secundäre, auf Kosten des Protolithionits entstandene Bildung halten müssen, während er andererseits sowohl in gewissen Graniten als auch in Porphyren und anderen Eruptiv-Gesteinen einschliesslich mancher Basalte und Dolerite[2]) zweifellos als Primitivbildung angesehen werden muss. Die fein nadelförmigen Turmaline II, fast immer mit dem später zu besprechenden Gilbertit verwachsen und auch wie dieser in den jüngeren Krystallschalen der Rauchtopase eingeschlossen, scheinen sich in chemischer Beziehung von den älteren nicht zu unterscheiden.

Die nun folgenden beiden Mineralien, älterer secundärer Glimmer und Albit, treten fast immer nach einander auf, doch soll nicht geleugnet werden, dass in wenigen Fällen der Glimmer auch mit voller Sicherheit über Albit gelagert beobachtet wurde, so dass man die beiden Substanzen als gleichzeitige Bildungen ansprechen könnte. Beide hängen in Bezug auf ihre Entstehungsweise auf das Engste mit dem Pegmatolith zusammen, welchen sie umhüllen und von dessen Oberfläche sie sich dann auch krustenförmig über die angrenzenden Mineralien, namentlich den Quarz verbreiten. Der ältere Glimmer erscheint oft nur als hauchartiger Anflug, aber auch in bis 2 mm grossen scheinbar hexagonalen Kryställchen $0\,P.\,\infty P.\,\infty P\,\infty$, oft mit vertiefter basischer Fläche und in knäuelförmigen strahlig-blätterigen Aggregaten licht grünlich, oft aber in Folge eines dünnen Brauneisenstein-

1) Breithaupt, Berg- und Hüttenm. Zeitung 1852 S. 188 f. Blum, Pseudomorphosen III. Nachtr. S. 134 f.

2) H. Thürach, Ueber das Vorkommen mikroskop. Zirkone und Titan-Mineralien. Inaug.-Diss. Würzburg 1884 S. 43.

Digitized by Google

Ueberzuges gelblich gefärbt, den Flächen des Pegmatoliths aufgestreut. Gleichzeitig macht auch von Spaltungsklüftchen und Haarrissen aus die Umwandlung im Innern der Pegmatolith-Krystalle weitere Fortschritte und wird hier so viel zersetztes Material fortgeführt, dass sich grössere Hohlräume in denselben bilden und selbst vollständig hohle Pseudomorphosen entstehen, welche allerdings in vollendeter Ausbildung sehr selten sind. Abgebrochene Krystalle, die beim Aufschlagen mancher Drusen vorgefunden werden, zeigen sich oft an den beiden Enden ebenso umgewandelt, wie die noch feststehenden. Die bis 2 mm breiten Kryställchen lassen sich nach der stark perlmutterglänzenden Fläche 0 P vortrefflich spalten und erweisen sich im Nörremberg'schen Apparate optisch-zweiaxig. Ihre Härte ist 2,5. Vor dem Löthrohr schmelzen sie unter gelber Färbung der Flamme zu weissem Email. Beim Glühen erleiden sie nur einen Verlust von 0,25 proc. Das specifische Gewicht ergab sich zu 2,825 bei 4° C. Von Salzsäure wird das Mineral schwer angegriffen, von Schwefelsäure aber völlig zersetzt. Die qualitative Analyse ergab als Hauptbestandtheile Kieselsäure, Thonerde, Kali nebst Natron, etwas Eisenoxydul, Bittererde, Kalk, Fluor und Zinnsäure, aber kein Wasser. Das ist eine merkwürdige Zusammensetzung, welche sobald als möglich durch quantitative Bestimmungen weiter festgestellt werden soll. Da eine äusserlich ganz ununterscheidbare Substanz auch die grossen Pegmatolithe von Hirschberg in Schlesien, sowie die von Striegau und Baveno bedeckt, so wurden diese Vorkommen mit jenen des Fichtelgebirgs genauer verglichen.

Die erste und werthvollste Abhandlung, welche die Umwandlung von aufgewachsenem Orthoklase (Pegmatolith) in Glimmer bespricht und daher hierher gehört, rührt von G. Rose[1]) her und schildert das Vorkommen in den Drusen des

1) Poggendorff's Annalen Bd. LXXX S. 121 ff.

Digitized by Google

Granits am Grünen Busch zwischen Hirschberg u. im Riesengebirge. Wie am Epprechtstein fin alle Stadien des Processes von den dünnste Ueberzügen auf den Flächen des Pegmatoliths bis Ersetzung der Feldspathsubstanz durch blätter Aggregate unter deutlicher Erhaltung der F konnte schöne Stücke der Würzburger Sammlu Angaben vergleichen und wüsste seiner Schilde hinzuzufügen. Ich habe die secundären Glimm erwähnten Fundorten nach Entfernung des hier beobachtenden dünnen gelblichen Ueberzuges von hydrat durch verdünnte Salzsäure mittelst Schwe setzt und qualitativ analysirt, wobei sich erga ebenso wie jene vom Epprechtstein nur Eisenox kein Oxyd enthalten, obwohl letzteres in den An geführt wird, auch fand ich geringe Mengen von Einige Proben enthielten kein oder nur minima andere wenige Procent Wasser. Bis jetzt sind Proben von Hirschberg-Lomnitz von Kjerulf[2]) (I) Rath[3]) (II) und eine von Striegau von Riepe[4]) (III titativ analysirt worden. Die Resultate sind, Eisen Oxydul und Alles auf 100 berechnet, die folgenden

	I		II		
		O		O	
Kieselsäure .	54,59	29,11	51,33	27,37	50,09
Thonerde .	30,34	14,19	30,15	14,11	29,17
Eisenoxydul	2,54	0,56	0,61	0,13	1,32

1) Die Namen Hirschberg und Lomnitz bezeichnen al verschiedene Fundorte, wie man irrigerweise glauben könnte. Material für Kjerulf's Analyse als von ersterem, das für jen Raths aber als von letzterem Orte stammend angeführt wird

2) Journal f. prakt. Chemie LXV. 1855. S. 190 f.

3) Poggendorff's Annalen Bd. XCVIII. S. 280 ff.

4) Sitzungsber. der niederrh. Gesellschaft für Naturk. in Bo 1879 S. 383.

Digitized by Google

	I	O	II	O	III	O
Kalk . . .	—		0,17	0,05	—	
Bittererde .	0,65	0,26	0,78	0,31	0,43	0,17
Kali . . .	8,74	1,48	11,63	1,98	14,14	2,40
Natron . .	2,26	0,58	0,51	0,13	—	
Wasser . .	—		1,20	1,06	4,85	4,31
Fluor . . .	0,88		—			
Glühverlust .	—		3,62			

Da, wie oben bemerkt, nur Eisenoxydul in diesen Glimmern enthalten ist, so ergaben sich für dieselben folgende Sauerstoff-Verhältnisse:

	SiO_2 : R_2O_3 : RO : H_2O		SiO_2 : R_2O_3 : RO : H_2O
Kjerulf I. . .	29,11 : 14,19 : 2,88 : —	=	10,1 : 4,9 : 1 : —
Vom Rath II. .	27,37 : 14,11 : 2,60 : 1,06	=	10,5 : 5,4 : 1 : 0,4
Riepe III. . .	26,71 : 13,65 : 2,86 : 4,31	=	9,3 : 4,8 : 1 : 1,5
V. Kobell	Onkosin	=	10 : 5 : 1 : 1,5
A. Knop	Pinitoid	=	8 : 5 : 1 : 1
Rammelsberg	Kaliglimmer	=	10,8 : 7,5 : 1 : 1,5

Mit den Sauerstoff-Verhältnissen dieser Körper sind die einiger verwandten zusammengestellt. Man sieht daraus das Folgende: Zunächst steht den secundären Glimmern v. Kobell's Onkosin[1]) (spec. Gew. 2,8), welcher als ein fast identisches, nur Magnesia statt Eisenoxydul enthaltendes Mineral zu betrachten ist, aber allerdings bis jetzt nur in äusserst feinschuppigen, scheinbar dichten Massen bekannt ist. Weniger nahe steht schon, obwohl dem Onkosin äusserlich sehr ähnlich, A. Knop's Pinitoid[2]), und der primitive Kaliglimmer[3]) (von Bengalen), welcher sich ausserdem dadurch wesentlich unterscheidet, dass er sehr elastisch ist und nicht, wie die secundären Mineralien von Schwefelsäure zersetzt wird. Man könnte die aus Feldspath gebildeten schuppigen Glimmer, die

1) Journal f. prakt. Chemie II. S. 295.
2) Jahrb. f. Mineralogie 1859 S. 581 ff.
3) Zeitschr. d. deutsch. geol. Gesellsch. XIX. S. 400 f.

Digitized by Google

sich alle fettig anfühlen und nicht elastisch sind, als Onkophyllit bezeichnen, da ihre eigenthümlichen Merkmale ebensowohl auf einen selbstständigen Körper deuten, wie die des Pinitoids, Hygrophilits u. a.

Versucht man nun, sich eine möglichst klare Vorstellung von der Art der Entstehung des Onkophyllits aus Orthoklas zu machen, so kann man den Pegmatolith vom Epprechtstein zur Vergleichung leider nicht benutzen, da er, wie oben erwähnt, nicht frei von Einlagerungen von triklinem Feldspath und Quarz ist. Es empfiehlt sich vielmehr, die Zusammensetzung des Onkophyllits nach dem Vorgange von G. Bischof[1]) mit der eines ideal reinen Orthoklases[2]) unter der Annahme zu vergleichen, dass der Thonerde-Gehalt beider Körper der gleiche ist, bezw. keine Thonerde bei der Bildung des Onkophyllits abgeschieden wird:

	Orthoklas	Onkophyllit v. Hirschberg	
Kieselsäure	106,47	54,59	— 51,88
Thonerde	30,34	30,34	0
Eisenoxydul	—	2,54	+ 2,54
Bittererde	—	0,65	+ 0,65
Kali	27,80	8,74	— 19,06
Natron	—	2,26	+ 2,26
Fluor	—	0,88	+ 0,88
	164,61	100,00	

Zur Bildung von 100 Theilen Onkophyllit sind also 164,61 Orthoklas erforderlich; neben 51 Theilen Kieselsäure werden auch 19 Kali frei, welche erstere in Lösung halten. Dass sie später auch ausgefällt wird, beweisen die an allen Fundorten auftretenden Hyalitkrusten zur Genüge.

1) Chemische Geologie 1. Aufl. Bd. II. S. 297.

2) 64,68 SiO_2
18,43 Al_2O_3
16,89 K_2O

Digitized by Google

Wie schon oben erwähnt, tritt farbloser oder schneeweisser ächter Albit in den Drusen des Epprechtsteins sehr häufig auf und zwar in der Regel über dem eben besprochenen älteren secundären Glimmer, seltener allein und zuweilen auf den Flächen des Pegmatoliths in ganz gleicher Weise orientirt, wie auf den weit grösseren Krystallen von Hirschberg. Die Flächen $\infty \breve{P} \infty$ des Albits liegen nämlich den 0 P und ∞ P Flächen des Pegmatoliths vollständig parallel. Dass der Albit gleich dem Glimmer aus dem Pegmatolith hervorgegangen sein müsse, ist wenigstens an den Krystallen vom Epprechtstein ebenso unzweifelhaft zu erkennen, wie an jenen von Hirschberg, die G. Rose[1]) schon vor vielen Jahren in gleicher Weise aufgefasst hat, da der Albit aus den freigelegenen Flächen der Pegmatolithe förmlich herauswächst und ziemlich tief ins Innere derselben eindringt, so dass letztere nur bei noch nicht allzuweit zersetzten Krystallen noch einen frischen Kern übrig behalten. Zuweilen wird aber der Raum des zerstörten Pegmatoliths theilweise von Albit-Aggregaten eingenommen, welche den basischen Spaltungsflächen des Pegmatoliths parallel gelagerte Fächer bilden, die durch Hohlräume getrennt sind und eine sehr originelle Art von Pseudomorphosen darstellen. Der stets deutlich beginnende Umwandlung verrathende Zustand der von frischem durchsichtigem Albit überzogenen Pegmatolith-Krystalle aus vielen anderen Graniten z. B. von Striegau und Baveno, Petersthal, Harzburg u. s. w. beweist ausserdem, dass diesem Processe eine weite Verbreitung zukommt. Auch abgebrochene und lose in dem Drusenraume liegende Krystalle zeigen dieselben Albit-Ueberzüge wie die noch in demselben fest aufsitzenden. Einfache Krystalle, die ja überhaupt nur äusserst selten beobachtet worden sind, kommen an dem Albit des Epprechtsteins niemals vor, vielmehr entweder Zwillinge oder

1) Poggendorff's Annalen Bd. LXXX. S. 123 ff.

Digitized by Google

Viellinge der Combination $\infty \breve{P} \infty . 0 P . \infty' P . \infty$
$\infty' \breve{P} 3 . \infty \breve{P}' 3 . 2' \breve{P} \infty . 2 \breve{P}' \infty$, nach $\infty \breve{P} \infty$ verw
sehr häufig sind auch **Doppelzwillinge**, welche
den von G. Rose[1]) vom **Col du Bonhomme** un
beschriebenen und abgebildeten übereinstimmen.
sich solche Doppelzwillinge **nochmals** zu dreifa
meinsamen Flächen 0 P (*Periklin-Gesetz*) vereini
bit schliesst zuweilen Blättchen des secundären
und nicht selten Bruckstücke von *Turmalin*-Kry
ja man findet strahlige Turmalin-Aggregate ga
zersprengt und durch ihn wieder verkittet. A
muss man schliessen, dass sich der Albit aus dem
Turmalin gelegenen Pegmatolith *ent*wickelt und
Krystallisation die ersteren zertrümmert hat, um
zu schaffen.

Auf dem älteren aus Feldspath *entstandenen*
seltener auch auf Quarz sitzt in Drusen des Eppre
farbloser, recht selten auch lichtviolblauer *oder grün*
Flussspath, zuweilen prächtige Fluorescenz zeigend.
zelnen Krystallen oder kleinen Gruppen von solche
welche stets vorherrschend 0 oder $\infty O \infty$ mit schwa
wickeltem O und ∞O, zuweilen aber *auch* statt dess
$m O n$ zeigen. Nur einmal fand ich 1884 auch
Würfel von 20 mm Kantenlänge, deren Ecken dre
dunkel violblauen Zeichnungen wahrnehmen lassen,
Kenngott[2]) von Zinnwald abgebildet hat und die sich
wenn auch nicht immer gleich regelmässig, *an den Kr*
von Octaedern farblosen Flussspaths auf kleinen Druse
chloritischen Sericitschiefers von Eppenhain *im Taunus*

Gleichzeitig scheint wieder, nach der ganz regelmäss
Verwachsung mit einander zu schliessen, *Turmalin* in

1) Poggendorff's Annalen CXXV. S. 457 ff.

2) Sitzungsber. d. k. Akad. d. Wissensch. zu Wien. Mathe
naturw. Cl. Bd. XI. S. 609, Taf. I Fig. 6.

Digitized by Google

höchstens 1—1,5 mm breiten, aber oft 10 mm langen rothbraun durchscheinenden stark dichroitischen Nadeln und eine zweite secundäre glimmerähnliche Substanz, welche zu dem Gilbertit gerechnet werden muss. Die kleinen Krystalle derselben bilden sechsseitige Tafeln $0\,P.\infty P.\infty \breve{P}\infty$, dieselben sind optisch-zweiaxig, durchsichtig oder doch stark durchscheinend und mit Ausnahme der perlmutterglänzenden Endfläche fettglänzend. Man unterscheidet sie daher um so leichter von dem älteren secundären Glimmer (Onkophyllit), als sie nur in der Nähe des stark zersetzten Zinnwaldits oder als Umhüllungs- und als Umwandlungs-Pseudomorphosen nach demselben vorkommen, hier und da trifft man sie auch aufgewachsen oder eingeschlossen in den jüngeren Rauchtopas-Hüllen der Quarze. Vor dem Löthrohr schmilzt das Mineral nach vorhergegangenem Aufblähen unter schwacher Rothfärbung der Flamme leicht zu weissem blasigem Glase. Im Glührohre erleidet es einen Verlust von 1,17 Proc. Von Schwefelsäure wird es vollständig, von Salzsäure und Salpetersäure aber nur theilweise zersetzt. Die qualitative Analyse ergab als Bestandtheile Kieselsäure, Thonerde, wenig Bittererde, sehr wenig Eisenoxydul, Kali, Natron, Fluor, Spuren von Lithion, Mangan, Kobalt, Kalk und Zinnsäure. Die Substanz stimmt völlig mit jener überein, welche ich früher[1]) als Pseudomorphose von Gilbertit nach Zinnwaldit von Schlaggenwald beschrieben habe, nur war mir damals die sehr kleine Menge Lithion entgangen, welche sich nachträglich auch in der Zinnwalder Varietät gefunden hat. Chemische und mineralogische Eigenschaften der Substanz würden mich nicht anstehen lassen, dieselbe direct mit dem Gilbertit, wie er nach den neueren Analysen von Collins[2]) aufgefasst werden muss, zu vereinigen, aber der Glühverlust ist bei diesem mindestens dreimal so hoch (3,70 Proc.), wie bei den Epprechtsteiner

1) Jahrb. f. Mineralogie 1880 Bd. I S. 289.
2) Cornish Tin Stones and Tin Capels p. 39. Anal. 2—4.

Digitized by Google

Kryställchen. Trotzdem stehen sich diese m
waller Gilbertit jedenfalls äusserst nahe, nä
durch den Lithiongehalt, welcher auch dem Zinn
bertit zukommt, dem Ehrenfriedersdorfer aber fe
Bildung dieses Körpers aus dem Zinnwaldit tret
und Lithion fast ganz, Fluor zum grössten Thei
so auch der Zinnsäure-Gehalt. Möglicherweise
fein nadelförmiger Zinnstein wieder abgesetzt, wenn
die sogleich näher zu besprechende *Entdeckung* d
einigen kleinen Drusen darauf schliessen. Diese N
blass bräunlich, im durchfallenden *Lichte* völlig far
mit der Lupe deutlich erkennbar, zu Büscheln gr
unter dem Mikroskope ununterscheidbar von jene
man beim Auflösen der schwarzen Freiberger
Königswasser erhält. Die äusserst seltenen Kryställ
scheinbar in sehr spitze Doppel-Pyramiden wie sie
Cornwaller Nadelzinnerz gewöhnlich auftreten,
sie gekrümmt und nicht scharf ausgebildet. Vor d
rohre lassen sich diese Nädelchen mit Cyankalium
Zinn reduciren. Bis jetzt wurden sie *nur* an einem
1884 gesammelten Stücke beobachtet, an welchem sic
ein plattgedrückter und auf $\infty \breve{P} \infty$ *stark* gestreifter W
Krystall von 2 mm Breite der in Zinnwald so häufige
bination $\infty \breve{P} \infty . \infty P . \breve{P} \infty . {}^1/_2 \breve{P} \infty$ befindet. Ein zweite
brochener wurde behufs chemischer Untersuchung a
welche die Bestimmung bestätigte.

Nicht so sehr selten, aber immerhin *nicht häufig*
bis 8 mm hohe graulichgrüne stark durchscheinende bis
sichtige Krystalle von Apatit, meist auf *Gilbertit oder*
matolith aufgewachsen und ganz mit solchen der Würfel
Sammlung von Zinnwald übereinstimmend. *Nur einmal* b
ich im Apatit Zinnstein-Nadeln als Einschluss in ähnlic
Weise beobachtet, wie früher[1]) Asbest *im* Spargelstein

1) Jahrb. f. Min. 1874 S. 606.

Digitized by Google

Zillerthals, andere Mineralien sind mir darin nicht zu Gesicht gekommen. Die gewöhnliche Form des Apatits ist 0 P. ∞ P. ∞ P 2, in seltenen Fällen treten auch noch P, $^1/_2$P und 2 P 2 hinzu, ganz wie an Zinnwalder Stücken. Der Apatit ist nach der qualitativen Analyse ebenso wie der graulichgrüne von Zinnwald ein Chlor-Apatit, welcher auch etwas Manganoxydul und eine Spur Eisenoxydul enthält. Auch die grünlichen und violeten Apatite vom Greifenstein bei Geyer und Ehrenfriedersdorf, sowie von Schlaggenwald enthalten etwas Mangan, doch rührt ihre schöne Färbung nicht von diesem, sondern von organischen Farbstoffen her, wie man sich bei Versuchen mit dem Glührohre leicht überzeugen kann.

Hyalit in durchsichtigen nierenförmigen oder kleintraubigen Krusten von geringer Dicke überkleidet in manchen Drusen alle älteren Mineralien, nur Zinnstein, Wolfram und Apatit habe ich noch nicht von ihm überzogen gesehen. Manche der von ihm bedeckten Körper wittern später aus, besonders die nadelförmigen Turmaline und es bleiben dann prächtige hohle Ueberzugs-Pseudomorphosen nach ihnen zurück, jenen ähnlich, welche in Basalten, z. B. jenem von Geisnidda in Oberhessen[1]) durch Wegführung von Aragonitnadeln entstehen, die von Hyalit umhüllt worden waren. Nicht uninteressant dürfte es sein, dass auch Rauchtopas-Krystalle an wohlerhaltenen wie an abgebrochenen Enden und Flächen Hyalit-Ueberzüge bemerken lassen.

Als Lithiophorit sind wegen intensiv carminrother Färbung der Löthrohrflamme gewisse in Tröpfchen und kleintraubigen Aggregaten mit glatter Oberfläche oder dünnen Ueberzügen von schwarzer Farbe und braunem Strich auftretende hoch manganhaltige Substanzen anzusehen, welche auch zuweilen grössere Nester in dem Schutt des Granits bilden und diesen verkitten[2]).

1) F. Sandberger Jahrb. f. Min. 1874 S. 172.
2) Jahrb. f. Min. 1888 Bd. I S. 208.

Digitized by Google

Ueber dem Lithiophorit oder dem mit ihm gleic
Wad sind nur noch zwei Mineralien beobachte
kaum 1 mm grosse gelbe Täfelchen von Kalk-Ura
am Epprechtstein und am Kapellenberg bei Schö
prächtig grüne, scharfe Kryställchen 0 P. P von Kup
glimmer in Nestern von Zinnwaldit am Epprechtst

Wie schon öfter angedeutet, finden sich die Mi
welche die oft sehr grossen Drusen des Epprechtste
klar ausgesprochener Reihenfolge erfüllen, theilwe
in den kleinen des Kapellenbergs bei Schönberg (S
wieder, namentlich Arsenikkies, Pegmatolith, Kal
Zinnwaldit, Turmalin, auch in beginnenden Pseudom
nach Pegmatolith, Albit, Lithiophorit und Kalk-Ura
Aus Drusen des Eibenstocker Granit-Gebietes führt Sch
ohne die Reihenfolge zu erörtern, *Albit*, ?Kalk
(vermuthlich Zinnwaldit), Quarz, Apatit und Fl
auf. Die Fortsetzung des Eibenstocker Granit-Mas
Böhmen scheint nur selten Drusen zu enthalten, wenn
finde ich in der Laube'schen Abhandlung[3]) solche
aufgeführt; von Karlsbad kenne ich aber Drusen, w
Pegmatolith, Quarz, Zinnwaldit, Turmalin und Albit
halten. In dem Greifensteiner Stocke bei Geyer trifft
wieder Drusenräume, in welchen zunächst prächtig aus
dete blassviolete Apatite oft ganz in schuppigen Nakr
hüllt auffallen, doch kommen hier ausserdem auch Tur
Topas, Arsenikkies, Wolfram, Zinnstein und Molybdä
vor, in welcher Reihenfolge ist aus der Litteratur nic
ersehen.

Sieht man sich in weiteren Gebieten nach Anal

1) Diese wurden 1888 von Herrn Dr. Kellermann aufgefu
Kalk-Uranglimmer kommt nicht mit ihnen zusammen vor.

2) Erläuterungen zu Section Eibenstock S. 13, desgl. zu Sec
Falkenstein S. 15.

3) Geologie des böhm. Erzgebirgs I Prag 1876.

Digitized by Google

mit den bisher besprochenen Drusen um, so bieten sich solche in erster Linie in den bekannten Graniten von Striegau in Schlesien [1]) und Baveno in Oberitalien [2]) dar.

Die genauere Untersuchung der dunkelen Glimmer aus dem rothen und weissen Granit von Baveno [3]) wie aus jenem von Striegau [4]) hat die völlige Identität mit dem Protolithionit ergeben. Ausser dessen gewöhnlichen Bestandtheilen liessen sich in denselben auch Zinn, Arsen, Kupfer und Kobalt nachweisen, Uran war dagegen, vermuthlich wegen zu geringer Menge des Materials nicht aufzufinden. Das Aussehen des rothen Granits von Baveno ist dem mancher glimmerarmen Lithionit-Granite der Gegend von Eibenstock und Karlsbad so ähnlich, dass man schwer begreift, wie diese Analogie seither unbemerkt bleiben konnte.

In den Striegauer Drusen beobachtet man über Verwachsungen von Pegmatolith mit Quarz und seltenerem älterem Turmalin zunächst Onkophyllit und Albit in denselben Formen, wie am Epprechtstein, dann folgen weisse Blättchen eines lithionhaltigen Glimmers (Gilbertit), verwachsen mit Nadeln von jüngerem Turmalin, Flussspath (O . m O) Hyalit und Lithiophorit ebenfalls wie dort, während Strigovit, Chlorit, Epidot, Axinit, dann die Zeolithe Chabasit, Stilbit, Desmin, Laumontit und Prehnit, sowie der Kalkspath den Fichtel-

1) E. Becker, Ueber das Mineral-Vorkommen im Granit zu Striegau. Inaug.-Diss. Breslau 1868.

2) Strüver, Atti della R. Academia de Torino. 1866. Vom Rath Poggendorff's Annalen CXXXV. S. 584. Molinari Atti della societa d. sc. nat. Milano 1885. Streng, Jahrb. f. Min. 1887. I S. 98 ff.

3) Die von Rube und Kyber unter Scheerer's Leitung ausgeführten Bausch-Analysen finden sich in der Festschrift zum 100jährigen Jubiläum der Freiberger Berg-Academie S. 176—183, die von Bunsen in Roths Gesteins-Analysen 1861 S. 66, neuere Alkalibestimmungen von A. Gerhard im Jahrb. f. Min. 1887 II S. 270.

4) Bausch-Analyse von Streng in Poggendorff's Annalen XC (1853) S. 122.

Digitized by Google

gebirger Drusen fremd sind. Es zeigen daher nur Glieder der Striegauer Drusen-Ausfüllung eine Uebereinstimmung mit jener der bayerischen.

Die Drusen von Baveno, sowohl der weissen als Varietät des Gesteins angehörig, haben wieder als Pegmatolith und Quarz, mit welchen aber auch Blättchen von stark ausgebleichtem, doch noch intensiver Rothfärbung der Flamme zu schwarz schmelzbarem Zinnwaldit[1]) verwachsen sind. Mit der voll ausgebildeten Pegmatolithen, besonders auch nach diesem Fundorte benannten Zwillings-Gesetze sirten halten die Epprechtsteiner keinen Vergleich die Quarze sind schöner und flächenreicher ausgebi malin fehlt auch hier nicht. Die Oberfläche der Pe (besonders 0 P) bedeckt wieder Onkophyllit, wie am Eg stein, auch die Albite treten in ganz gleicher Weise sa farbloser oder hellvioleter Flussspath (0 . ∞ O ∞ . ∞ O m) und Gilbertit, sowie Hyalit und Lith Dagegen erinnern Axinit, Epidot, Stilbit, Chabasit, L und Kalkspath sehr an Striegau, während Datolith linit (?), Babingtonit und Scheelit Baveno eingenthü sein scheinen.

Von den prächtigen Drusen der Mourne Mountains der sibirischen Lithionit-Granite, sowie jenen von Elb mir leider keine genügende Zahl von Handstücken zu um die Reihenfolge ihrer Mineralien bestimmen zu auf welche sich nach den bisherigen Angaben in der ratur keine sicheren Schlüsse ziehen lassen.

Aus den seitherigen Mittheilungen über die Aus der Drusen in den Lithionit-Graniten ergibt sich, da in denselben enthaltenen Mineralien sich mit Ausnahme ältesten ungezwungen als Auslaugungs-Producte von

1) Zuerst von Streng u. a. O. richtig erkannt.
2) Vom Rath Zeitschr. d. deutsch. geol. Gesellsch. XXII. S

Digitized by Google

oder von dem Nebengesteine nachweisen lassen, wobei indess das letztere noch nicht stark zersetzt worden ist. Wenn der letztere Fall eintritt, so überwiegen auf den Gangspalten Erze und Quarz weitaus über die Silicate, obwohl auch diese niemals fehlen.

Obgleich die eingehendere Besprechung der auf den Gängen auftretenden Mineral-Associationen dem zweiten Theile dieser Abhandlung vorbehalten bleiben soll, mag doch schon hier eine kurze Vergleichung der Ausfüllung der Drusen mit jener der Zinnstein-Gänge ihre Stelle finden.

Der Unterschied besteht hauptsächlich darin, dass der in den Drusen aber nur spärlich vorkommende Zinnstein und Wolfram in den Gängen reichlich, die in ersteren so gewöhnlichen Turmaline und Albite aber in den Gängen nur untergeordnet auftreten.

Sehr verwandt mit jener der Drusen erweisen sich im Eibenstocker Revier besonders die als Ausfüllung von Gängen beobachteten sogenannten „granitartigen Gemenge“ [1]) aus Quarz, Feldspath, Zinnwaldit und „glimmerähnlichem Talk“ (Gilbertit) nebst sehr fein eingesprengtem Zinnstein, welche zuweilen regelmässig mit reinen Quarzlagen wechseln.

Weit reicher an verschiedenen Mineralien erscheint die Gangausfüllung in völlig zu sogenanntem Greisen, einem feldspathfreien Gemenge von Quarz und Zinnwaldit zersetzten Lithionit-Granite. Die reichste mir bekannte Reihe derselben beobachtet man zu Zinnwald im Erzgebirge. Hier folgen übereinander nach Breithaupts [2]) und meinen eigenen Beobachtungen:

1. Quarz, 2. Zinnwaldit, 3. Zinnstein, 4. Wolfram, 5. Gilbertit, 6. Scheelit, 7. Flussspath, 8. Apatit, 9. Kupfer-Uranglimmer. Nur als Seltenheiten finden sich die noch jüngeren Mineralien Bleiglanz, gemengt mit Zinkblende, Zinn-

1) Oppe, Cotta's Gangstudien Bd. II S. 142 f., 145 f.
2) Paragenesis der Mineralien S. 146.

Digitized by Google

kies, Kupferkies, Kupferglanz und ihre Zersetzun
sowie Zeunerit (Arsen-Kupferuranglimmer), wo
4, 5, 7, 8 und 9 oben auch fast in gleicher R
den Drusen des Epprechtsteins nachgewiesen
Analogie der Ausfüllung der Gänge mit jener
ist also sehr auffällig.

Digitized by Google

ıtwickelung der häutigen Bogengänge des inneren Ohres.

Von N. Rüdinger.

(Mit Taf. VI.)

(Eingelaufen 30. Desember.)

Bei der Bildung des häutigen Labyrinthes verdienen wesentlich verschiedene Vorgänge eine besondere Beıng. Der eine dieser Vorgänge besteht darin, dass sich ıem vergrössernden abgeschnürten Gehörbläschen durch ltenbildungen" nach dessen Binnenraume eine Theilin zwei Säckchen vollzieht; während der andere Vorg eine „epitheliale Knospung oder Sprossung", ein h der Aussenseite des Labyrinthbläschens hin stattfinden- Auswachsen der Epithelwand darstellt. Der Ductus lolymphaticus sowohl, als auch die Schnecke treten in ·en ersten Anlagen auch als epitheliale Röhren auf, welche n dem Säckchen ausgehen, bevor eine Trennung desselben llzogen ist. Für diese beiden Gebilde, für den Endolymphıng und die Schnecke, liegen aus älterer und neuerer Zeit ne Anzahl von Beobachtungen vor, welche über die einzelnen ıntwickelungsphasen derselben keine Zweifel bestehen lassen.

Obschon man auch den Bildungsvorgängen an den drei ıäutigen Bogengängen des Labyrinthes, welche, wie schon Kölliker[1]) sagt, schwer zu beobachten sind, eingehende Aufmerksamkeit zugewendet hat, ist man bis zur Zeit über

1) Entwickelungsgeschichte des Menschen und der Thiere, S. 743.

Digitized by Google

die ersten Angaben Rathkes[1]) nicht wesentlich hinausgekommen. Rathke sagt in seiner klassischen Monographie, dass „jeder (häutige) Bogengang entsteht, indem der häutige Vorhof an einer Stelle eine mit der Convexität nach aussen gekehrte Falte schlägt, und hierauf die beiden Blätter der Falte an ihrer Basis einander näher kommen und verwachsen und der neu entstandene Gang in seiner Mitte von der Stelle, wo er entstand, getrennt, also von dem Vorhofe gleichsam abgespalten wird.

Diese Darstellung Rathkes entspricht keineswegs dem Entwickelungsvorgang, der sich bei der Bildung der häutigen Bogengänge thatsächlich vollzieht und doch blieb dieselbe die fundamentale Unterlage selbst für die hervorragendsten Embryologen bis in die allerneueste Zeit hinein. Ich will hier nicht näher eingehen auf die Mittheilungen von Valentin, Bischoff, Reichert u. A., sondern nur die beiden Autoren hervorheben, welche der Entwickelung des häutigen Labyrinthes eingehende Aufmerksamkeit zugewendet haben und ihre Angaben auf eigene Beobachtung gründen: ich meine die Herren Boettcher[2]) und Kölliker.

Boettcher hebt Seite 17 seiner Monographie, welche bis in die Gegenwart mit Recht mustergiltig und massgebend erschien, hervor, „dass die vertikalen Bogengänge durch sich aneinander lagernde Wülste aus ihrer gemeinschaftlichen Anlage abgeschnürt seien, indem die Anlage für den horizontalen Bogengang als flache, in senkrechter Richtung zur Längsaxe des Labyrinthes (von oben nach unten) comprimirte Tasche erscheine."

1) Entwickelungsgeschichte der Natter (Coluber natrix) mit 7 Kupfertafeln, Königsberg 1839.

2) Ueber Entwickelung und Bau des Ohrlabyrinthes etc. Dresden 1869. Seite 17.

Digitized by Google

In ähnlicher Weise schildert auch Kölliker[1]) die Entstehung der Canales semicirculares membranacei, indem derselbe auf Grund selbständiger Untersuchungen angibt, „dass aus dem Theile des Labyrinthes, der zum Utriculus sich umgestaltet, breite platte Duplikaturen von halbkreisförmiger Gestalt hervorsprossen, die dann am freien Rande sich ausweiten, während in der Mitte die zwei Lamellen der Ausbuchtung verwachsen und dann spurlos verschwinden."

Obschon diese drei angeführten Forscher bezüglich der Deutung ihrer Beobachtungen im Wesentlichen miteinander übereinstimmen und die Bildung der häutigen Bogengänge aus einer Falte (Rathke), aus einer comprimirten Tasche (Boettcher) oder aus einer breiten platten Duplikatur (Kölliker) hervorgehend beschreiben, glaube ich doch für die Entstehungsweise genannter Gänge eine andere Auffassung vertreten zu müssen und stütze dieselbe auf zahlreiche Untersuchungen an vielen Wirbelthierembryonen. Bis jetzt konnte ich meine Studien ausdehnen auf die geschwänzten und ungeschwänzten Batrachier, die Eidechsen, die Fische, die Vögel, die Säugethiere und den Menschen.

Die Deutung der Vorgänge bei der Labyrinthentwickelung wird um so schwieriger, je spärlicher das Material für die Beobachtung vorliegt, während die schwierigsten Fragen um so leichter beantwortet werden können, je zahlreicher die sich aneinander reihenden Entwickelungsstadien von einer und derselben Thierart gewonnen sind.

In letzterer Hinsicht waren für mich am lehrreichsten die Objekte von Selachiern, von der Eidechse und der Forelle. Von dieser konnte ich eine Entwickelungsreihe bis zum 180. Tage erhalten und zwar regelmässig fortlaufende Stadien, die geeignet sind, die rasch sich vollziehenden Veränderungen

1) l. c. Seite 743.

Digitized by Google

an dem sich bildenden Labyrinth ohne besondere
keiten verfolgen zu können.

Sind auch schon viele von den wesentlichsten
bei der Labyrinthbildung durch Reissner[1] be
chen und die erwähnten beiden Forscher, Böt
Kölliker, bei den Säugethieren festgestellt wor
mir die Frage über die Entwickelung der häutig
gänge desshalb nicht endgiltig beantwortet
ich an den mir zugänglichen Objekten aus den ver
Entwickelungsstadien weder eine Falte oder Ta
eine Duplikatur als erste Anlage der häutigen B
wahrnehmen konnte.

Auf zahlreiche Beobachtungen gestützt, m
Entstehung der Canales semicirculares mem
als eine „epitheliale Hohlsprossung" jenes A
tes der Ohrblase, aus der der Utriculus la
hervorgeht, auffassen.

Das erste Auftreten eines Bogenganges an der
findet in der Form von zwei, anfänglich ziemlich
trichterförmigen Ausbuchtungen der Epithelwand sta
Thatsache kam auch schon bei Boettcher in seiner
Fig. 9 von einem 1,6 cm langen Schafembryo und
10. Figur der II. Tafel von einem Schafembryo, der
Länge von 2,8 cm hatte, zum Ausdruck. Allein die Gr
differenzen der Embryonen waren zu bedeutend, um di
wickelungsvorgänge am häutigen Labyrinth von dem
auf den anderen zurückführen zu können. Nicht
entspricht die Darstellung und Schilderung bei Kö
der Natur und dessen Figuren 444 und 454 stellen
charakteristische Ausbuchtung in ihrer ersten Form dar.
Grund, warum der wahre Vorgang von zwei so hervo
Forschern nicht erkannt wurde, kann meiner Meinung

1) De auris internae formatione. Dorpat 1851.

Digitized by Google

nur in dem Umstande liegen, dass denselben wahrscheinlich keine Entwickelungsstadien, welche sich nahe aneinander reihen und daher sich gegenseitig ergänzen, vorlagen, wie es für das erste rasche Wachsthum der häutigen Bogengänge und deren Beurtheilung erforderlich erscheint; denn unzweifelhaft haben die fünf Schafembryonen, welche Boettcher für seine Auffassung verwerthet hat, bezüglich ihrer Grösse einen viel zu bedeutenden Abstand von einander und sie bieten daher nur schwer die Möglichkeit dar, die verschiedenen Entwickelungsphasen des Ohrlabyrinthes aufeinander zurückzuführen. —

Indem ich zur speciellen Betrachtung der Entstehung der häutigen Bogengänge übergehe, muss ich zunächst auf die Epithelbuchten an der Ohrblase hinweisen. Ihnen voran eilt, wie es scheint aus physiologischen Gründen, die Bildung des Ductus endolymphaticus, welcher die Druckdifferenzen im inneren Ohre ausgleicht und daher ein ungewöhnlich rasches Wachsthum zeigt. Während derselbe in der Entwickelung begriffen ist, sieht man an dem Alveus communis mehrere Buchten von trichterförmger Gestalt auftreten. Diese ersten verhältnissmässig weiten Buchten sind schon von Kölliker und Boettcher beschrieben und abgebildet worden. Sehr bald nehmen dieselben den Charakter von Epithelcylindern an, welche bei einigen Thieren ziemlich weit, bei andern sehr eng erscheinen. Bei der Umbildung der Buchten zu Kanälen haben wir nur die verkitteten Epithelzellen des Alveus communis vor uns, während das übrige Zellenmaterial des Mesenchyms eine gleichmässige, etwas lichte Beschaffenheit annimmt und indem die epithelialen Sprossen der Ohrblase sich verlängern, müssen sich dieselben in dem Mesenchym selbständig ihre Wege bahnen, die wahrscheinlich dadurch zu Stande kommen, dass dem rapiden Wachsthum der Epithelcylinder das Zellenlager des Mesenchyms nur geringen Widerstand leistet und

Digitized by Google

dasselbe dem **Drucke unterliegt**. Prüft man [illegible] wickelungsstadien **imbibirte** Schnittpräparate, [illegible] die im raschen **Wachsthum** begriffenen Bogengä[illegible] gefärbte durchlöcherte **Scheiben**, welche von [illegible] matt gefärbten **Zellenmaterial** des mittleren Ka[illegible] dicht umschlossen sind. **Weder** die Andeutung [illegible] lymphatischen Raumes **um die Gänge**, noch [illegible] anderartige Abgrenzung **oder** eine Verbindung [illegible] anderen Gebilden ist **erkennbar**. Schon an dies[illegible] empfängt man den **bestimmten** Eindruck, dass sich [illegible] Epithelfortsatz in das **gleichmässig** erscheinende M[illegible]lager, welches **allmählich eine** bedeutende Mächt[illegible] langte, eingebohrt hat **und sich nur** durch seine [illegible] stischen, **grösstentheils kubischen** Zellen von der [illegible] unterscheidet. Keine **Gefässlumina** sind an diese[illegible] sichtbar und, wie mir scheint, treten dieselben ers[illegible] die Lichtung der Umgebung des Epithelcylinde[illegible] und die erste Andeutung des künftigen perilymp[illegible] Raumes um die häutigen **Bogengänge** wahrnehm[illegible] An keinem Objekte, selbst an solchen aus frühen [illegible] lungsstadien, konnte ich eine rinnenförmige Best[illegible] einer Epithelröhre konstatiren und dies müsste doch [illegible] sein, wenn die Bogengänge einer Abschnürung der [illegible] turen des Utriculus ihre Entstehung verdanken sollte[illegible] eine rinnenförmige Beschaffenheit, einen [illegible] concaven Seite offenen Bogengang habe ich [illegible] nem Entwickelungsstadium beobachtet.

Ein weiteres wichtiges Beweismittel für meine [illegible] fassung der Bogengang-Entwickelung ist der, dass [illegible] der Verfolgung eines Ganges an lückenlosen Schnitt[illegible] denselben plötzlich blind enden sieht. Wenn man [illegible] angelegten querdurchschnittenen Bogengang von Schn[illegible] Schnitt verfolgt, so findet man, dass derselbe allmäh[illegible] enger wird und plötzlich mit blindem Ende im Mesen[illegible]

Digitized by Google

abschliesst. Diese Beobachtung war es denn auch, welche mich zur Fragestellung über die Art der Bogengangbildung führte. Die blinde Endigung eines sich entwickelnden Bogenganges wies nothwendig darauf hin, dass jeder einzelne aus zwei Schenkeln entsteht, die in dem Mesenchym einander entgegenwachsen, sich erreichen und bei der Verschmelzung der blinden Enden mit gegenseitiger Communikation einen einzigen Gang darstellen. Mit Bestimmtheit glaube ich sagen zu dürfen, dass jeder häutige Bogengang aus zwei Sprossen entsteht, welche halbkreisförmig einander entgegenwachsen und nach ihrer endlichen Verschmelzung den einfachen Kanal darstellen.

Diese meine Ergebnisse finden auch eine Bestätigung durch Beobachtungen, welche schon vor längerer Zeit von Buhl und Hubrich gemacht und in der Zeitschrift für Biologie bekannt gegeben wurden.

Diese beiden Forscher haben im Jahre 1867 das knöcherne Labyrinth von Missbildungen studirt und gezeigt, dass bei diesen einzelne Labyrinthe auftreten, welche nur den einen Schenkel eines Bogenganges besitzen, also nur einen halben blind abschliessenden Gang haben. Diese Form eines Canalis semicircularis, welche auch schon von anderen Forschern beobachtet wurde, kann nur dann zu Stande kommen, wenn die Bogengang-Entwickelung in der von mir beschriebenen Weise von zwei Schenkeln ausgeht und die erste Anlage des einen oder anderen Schenkels durch pathologische Einflüsse eine Hemmung erfahren hat. Würden dagegen die Canales semicirculares membranacei aus Falten oder, was dasselbe ist, aus Duplikaturen hervorgehen, so wäre für die Erklärung der halben Ausbildung eines häutigen und des entsprechenden späteren knöchernen Ganges viel mehr Schwierigkeit gegeben. Interessant ist der Ausspruch von Buhl und Hubrich: dass die Entwickelung der Bogengänge aus länglichen Erweiterungen oder Aussackungen und Abschnür-

Digitized by Google

ung vom Vorhofe aus, durch ihre Untersuchu
Bestätigung finden könne.

Mit dieser von mir beobachteten Art der B
bildung ist eine andere interessante Frage ver
stehend in dem Curven wachsthum der beid
kel des Halbkreises. Warum wächst die epithe
von der Ohrblase aus nicht in gerader Richtung
gekrümmter und zwar unter normalen Bedingun
so, dass die beiden Schenkel genau zusammentreffe
miteinander vereinigen zu können. In dem Zel
des mittleren Keimblattes ist für die Epithelspro
Spur einer Bahn vorgezeichnet, sondern dieselbe
durch das Vordringen des Epithelfortsatzes. Di
schiedenheiten, welche bei diesen Vorgängen zwi
niederen und höheren Wirbelthieren bestehen, wil
nicht näher eingehen; ich werde dieselben in einer
grösseren Abhandlung ausführlich besprechen. Zwi
niederen und höheren Wirbelthieren bestehen in de
rinthbildung, insbesondere auch in der Bogengan
mehrfache Verschiedenheiten, die dort eine ausführ
örterung finden werden.

Indem ich mich der Besprechung des Curvenwach
der häutigen Bogengänge zuwende, betrete ich ein
der entwickelungsgeschichtlichen Forschung, welch
schwierigsten Aufgaben darbietet, ich meine die Fes
lung der Ursachen der Formen, die Erklärung der
bildung überhaupt. Die Formen der einzelnen Orga
Organgebilde während ihrer Entstehung zu verfolgen, i
verhältnissmässig leichte Aufgabe gegenüber der Erfor
jener Vorgänge, welche die Ursachen der Formbildung
einschliessen.

Bei dem Studium der Bogengangbildung bin ich
Eigenthümlichkeiten des sich vermehrenden Zellenmater
aufmerksam geworden, welche meiner Auffassung nach

Digitized by Google

genden Ursachen des Curvenwachsthumes der beiden
eines Bogenganges sein mögen. Folgt man den
nospen des Labyrinthes während ihres Wachsthumes,
man bald, dass die Zellen an der convexen
ines Bogenganges bedeutend grösser werden,
an der concaven Seite desselben. Die letz-
behalten die ursprünglichen Formen jene des
ischens mehr oder weniger bei.

ese Grössendifferenz der Zellen an einer wesentlich in
ige wachsenden Röhre muss dieselbe von der geraden
ng ablenken, indem an jener Stelle, wo die gros-
ellen auftreten, eine stärkere Krümmung zu
te kömmt, als an der gegenüberliegenden Seite,
on dem kleinen Zellenmaterial eingenommen

Da die beiden Schenkel eines Bogenganges sich in Hinsicht ganz übereinstimmend verhalten und die vitalanischen Wachsthumsvorgänge an den Zellen derselben gleichartige sind, so muss ihre Vereinigung nothwendig er Mitte erfolgen.

Bietet auch diese Art der Entstehung der häutigen engänge ein hohes Interesse dar, so hat dieselbe doch Verwandtschaft mit den vitalmechanischen Bildungsgängen aller thierischen Körpertheile, welche von einem enmaterial in gesetzlich vorgezeichneter Form aufgebaut den, und dieser Aufbau kann doch nur stattfinden durch cifische vitale Eigenschaften, welche jeder einzelnen Zelle e wohnen.

Indem ich noch darauf hinweise, dass es nicht meine sicht sein konnte, diese zuletzt erwähnte Wachsthumsform den sich bildenden halbkreisförmigen Kanälen des häugen Labyrinthes als einen bedeutungsvollen Vorgang einehend begründen zu wollen, so schien mir es doch geboten, erselben hier Erwähnung zu thun; denn wenn die Thatsache festgestellt werden konnte, dass:

Digitized by Google

1) die Bogengänge durch epitheliale Sprossung aus der Ohrblase entstehen und

2) für jeden einzelnen häutigen Bogengang [illegible] auftreten, so kann

3) die Vereinigung der beiden Sprossen [illegible] geschilderten Grössenunterschiede des Zellenmat[illegible] convexen und concaven Seite eines Bogengang[illegible]

Erklärung der Figuren.

Die drei ersten Figuren sind der Natur [illegible] jedoch grösstentheils schematisch gehalten.

Fig. 1. Ohrblase mit den ersten Buchten als Anla[illegible] gänge. Die beiden nach rechts gerichteten Buchten a [illegible] den horizontalen Bogengang in seinem Beginne dar[illegible] b) der dorsale Schenkel des Bogenganges.

Fig. 2. Die in der weiteren Ausbildung begriffenen [illegible] Sprossen, welche in dem lichten Mesenchym vordringen [illegible] Wege bahnen resp. in dasselbe einbohren.

Fig. 3. Die beiden blind geschlossenen Schenkel [illegible] gänge haben sich erreicht, wonach eine Verschmelzung [illegible] gang der blinden Enden erfolgt. Eine Abgrenzung der [illegible] die Verschmelzung stattfindet, ist an den ausgebildeten [illegible] nicht wahrnehmbar.

Fig. 4. Stellt das Grössen-Verhältniss der Zellen a[illegible] vexen und der concaven Seite eines Bogenganges zu einan[illegible] Es muss zwischen beiden ein mathematisch genaues Grösse[illegible] niss gegeben sein, wenn eine normale Vereinigung der beiden S[illegible] stattfinden soll.

Digitized by Google

Oeffentliche Sitzung

ren Seiner Majestät des Königs und Seiner öniglichen Hoheit des Prinzregenten

am 27. Dezember 1888.

Wahlen.

Von der mathematisch-physikalischen Classe wurden alt und von Sr. Kgl. Hoheit dem Prinz-Regenten bestätigt:

zu ordentlichen Mitgliedern:

das bisherige ausserordentliche Mitglied, Herr Dr. Carl Haushofer, Professor der Mineralogie an der technischen Hochschule dahier,

das bisherige ausserordentliche Mitglied, Herr Dr. Nikolaus Rüdinger, Professor der Anatomie an der Ludwig-Maximilians-Universität dahier;

zu ausserordentlichen Mitgliedern:

Herr Dr. Adolph Steinheil, Vorstand einer optisch-astronomischen Werkstätte dahier,

Herr Dr. Rainer Ludwig Claisen, Privatdozent für Chemie an der Ludwig-Maximilians-Universität dahier;

zu auswärtigen Mitgliedern:

Das bisherige correspondirende Mitglied, Herr Dr. Eduard von Regel, kais. russ. Staatsrath und Vorstand des botanischen Gartens in St. Petersburg,

Digitized by Google

6. Herr Dr. Georg Gabriel Stokes, Professor der Physik an der Universität Cambridge,
7. Herr Dr. Rudolf Virchow, Professor der Pathologie an der Universität zu Berlin:

zu correspondirenden Mitgliedern:

8. Herr Dr. Hugo Gyldén, Direktor der Sternwarte zu Stockholm, und
9. Herr Dr. Georg Recknagel, Professor der Mathematik an dem Gymnasium zu Passau.

Digitized by Google

Verzeichniss der eingelaufenen Druckschriften

Juli bis December 1888.

Die verehrlichen Gesellschaften und Institute, mit welchen unsere Akademie in Tauschverkehr steht, werden gebeten, nachstehendes Verzeichniss zugleich als Empfangsbestätigung zu betrachten. — Die zunächst für die philosophisch-philologische Classe bestimmten Druckschriften sind in deren Sitzungsberichten 1888 Bd. II Heft 3 verzeichnet.

Von folgenden Gesellschaften und Instituten:

Royal Society of South Australia in Adelaide:

Transactions and Proceedings. Vol. X. (for 1886—87.) 1888. 8°.

Naturforschende Gesellschaft des Osterlands in Altenburg:

Mittheilungen. N. F. Bd. IV. 1888. 8°.

K. Akademie der Wissenschaften in Amsterdam:

Verhandelingen. Afd. Natuurkunde. Deel 26. 1888. 4°.
Verslagen en Mededeelingen. Afd. Natuurkunde. 3e Reeks. Deel 3 u. 4. 1887—88. 8°.

K. Zoologisch Genootschap in Amsterdam:

Bijdragen tot de Dierkunde. Aflev. 14—16. 1887—88. Fol.
Feest Nummer. 1888. Fol.

Johns Hopkins University in Baltimore:

American chemical Journal. Vol. X. Nr. 3. 1888. 8°.
American Journal of Mathematics. Vol. X. Nr. 3. 1888. 4°.

Museum in Bergen:

Aarsberetning for 1887. 1888. 8°.

Digitized by Google

K. Preussische Akademie der Wissenschaften in Berlin:

C. W. Borchardt's gesammelte Werke. 1888. 4°.

Deutsche chemische Gesellschaft in Berlin:

Berichte. 21. Jahrg. 1888. Nr. 11—17. 8°.

Deutsche geologische Gesellschaft in Berlin:

Zeitschrift. Bd. 40. Heft 1. 2. 1888. 8°.

Physikalische Gesellschaft in Berlin:

Die Fortschritte der Physik. Jahrg. XXXVIII. Abth. 1. 2. 3. 1887. 8°.
Verhandlungen im Jahre 1887. VI. Jahrg. 1888. 8°.

Physiologische Gesellschaft in Berlin:

Centralblatt für Physiologie. 1888. Nr. 7—18 und Register zu Jahrgang 1887. 1888. 8°.
Verhandlungen. 1888. Nr. 13—20. 8°.

K. Preuss. Geodätisches Institut in Berlin:

Gradmessungs-Nivellement zwischen Anclam u. Cuxhafen. 1888. 1°.
Jahresbericht für 1887/88. 1888. 8°.
Verhandlungen der Conferenz der permanenten Commission der intern. Erdmessung. 1888. 4°.
Comptes rendus de la session de la commission permanente à Nice en 1887. Paris 1888. 4°.

Verein zur Beförderung des Gartenbaues in den K. Preuss. Staaten in Berlin:

Gartenflora. Jahrgang 1888 in 24 Heften. 1888. 8°.

Naturwissenschaftliche Wochenschrift in Berlin:

Wochenschrift. Jahrg. I (1886), II (1887), III (1888). Nr. 1—13. 1°

Zeitschrift für Instrumentenkunde in Berlin:

Zeitschrift. 8. Jahrg. 1888. Heft 7—12. gr. 8°.

Commission géodésique Suisse in Bern:

Le réseau de triangulation Suisse. Vol. III. Lausanne 1888. 4°.

Gewerbschule zu Bistritz in Siebenbürgen:

XIV. Jahresbericht f. d. J. 1887/88. 1888. 8°.

Naturhistorischer Verein der preussischen Rheinlande in Bonn

Verhandlungen. Jahrg. 45. 1. Hälfte. 1888. 8°.
Gerhard Vom Rath, eine Lebensskizze von H. Laspeyres. 1888.

Digitized by Google

Société de géographie commerciale in Bordeaux:

Bulletin. 1888. Nr. 13—23. 8°.

Société Linnéenne in Bordeaux:

Actes. Vol. 40. 41. 1886—87. 8°.

American Academy of Arts and Sciences in Boston:

Memoirs. Centennial Volume. Vol. XI. Part V. Nr. 6. Part VI. Nr. 7. 1887—88. 4°.
Proceedings. Vol. XXIII. Part 1. 1888. 8°.

Society of Natural history in Boston:

Memoirs. Vol. IV. Nr. 5. 6. 1888. 4°.

Schlesische Gesellschaft für vaterländische Cultur in Breslau:

65. Jahresbericht f. d. Jahr 1887. 1888. 8°.

Académie de médecine in Brüssel:

Mémoires des concours et des savants étrangers. Tom. VIII. 1—4. 1888. 4°.
Mémoires couronnés. Collection in 8°. Tom. VIII. Fasc. 5. 8°.
Bulletin. IV. Sér. Tom. II. Nr. 6—10. 1888. 8°.

Société entomologique de Belgique in Brüssel:

Annales. Tom. XXXI. 1887. 8°.

Société malacologique de la Belgique in Brüssel:

Annales. Tom. XXII. 1887. 8°.
Procès-verbaux des séances. Tom. XVII. p. I—LXXII. 1888. 8°.

K. Ungarische Akademie der Wissenschaften in Budapest:

Péch Antal, Alsó-Magyarország bányamívelésének története. (Geschichte der Bergwerke in Nieder-Ungarn.) Bd. II.
Wenzel Gusztáv, Magyarország mezögazdaságának története. (Geschichte des Landbaues in Ungarn.) 1887. 8°.
Természettudemányi Értekezések. (Naturwissenschaftliche Abhandlungen.) Bd. XVI, 7. VII, 2—5. 1887. 8°.
Mathematikai Értékezések. Bd. XIII, 3. XIV, 1. 1887. 8°.
Mathematikai és természettudományi Értesitö. Bd. V, 7—9. VI, 1.
Thanhoffer Lajos, Adatok a Központi idegrendszer szerkegetéhez. (Daten zur Structur des centralen Nervensystems.) 1887. 4°.
Mathematikai és természettudományi közlemények. Bd. XXII, 1—8.
Mathematische und naturwissenschaftliche Berichte. Bd. V. 1887. 8°.

Oficina meteorológica Argentina in Buenos-Aires:

Anales. Tomo VI. 1888. 4°.

Digitized by Google

Instituto y Observatorio de marina de San Fernan.

Almanaque nautico para 1890. Madrid 1888. 8°.

Société Linnéenne de Normandie in Caen

Bulletin. 4e Série. Vol. I. année 1886—87. 1888. 8°.

Meteorological Department of the Government of India

Meteorological Observations. January—July. 1888. Fol.
Report on the Meteorology of India in 1885. by Henry F. Blanford. XI. year. 1887. Fol.
Indian Meteorological Memoirs. by Henry F. Blanford. part 2. 3. 1887. Fol.
Weather Charts of the Bay of Bengal. 1887. Fol.

Indian Museum in Calcutta:

A Catalogue of the Moths of India, by E. C. Cotes and C. Swinhoe. Part III. 1888. 8°.

Geological Survey of India in Calcutta:

Records. Vol. XXI. Part 2. 3. 1888. 4°.
Memoirs. Vol. XXIV. Part 1. 1887. 4°.
Palaeontologia Indica. Vol. IV. Part 3. 1887. Fol.
Manual of the Geology of India. Part IV. Mineralogy by F. R. Mallet. 1887. 8°.

Museum of comparative Zoölogy at Harvard College in Cambridge, Mass.:

Bulletin. Vol. XIII. Nr. 9. 10. Vol. XVI. Nr. 2. Vol. XVII. Nr. 1. 1888. 8°.

Harvard College Observatory in Cambridge, Mass.

Annals. Vol. XVIII. Nr. III—V. 1887. 4°.

Accademia Gioenia in Catania:

Atti. Ser. III. Vol. XX. 1888. 4°.

Elliott Society in Charleston:

Proceedings. Vol. 2. p. 161—200. 1887. 8°.

K. Sächsisches meteorologisches Institut in Chemnitz:

Jahrbuch. 5. Jahrg. 1887. 1. Hälfte. 1888. 4°.
Bericht über die Wasserkatastrophe in der Lausitz. 17.—18. März 1887. Fol.

Société des Sciences naturelles in Cherbourg:

Mémoires. Tom. XXV. 1887. 8°.

Digitized by Google

Journal of comparative Medicine and Surgery in Chicago:

Journal. Vol. IX. Nr. 3. 1888. 8°.

Norwegische Abtheilung der internationalen Polarforschung in Christiania:

Beobachtungs-Ergebnisse der Norwegischen Polarstation Bossekop in Alten. Theil II. 1888. 4°.

Naturforschende Gesellschaft Graubündens in Chur:

Jahresbericht. Neue Folge. XXXI. Jahrgang. 1886/87. 1888. 8°.

Chemiker Zeitung in Cöthen:

Chemiker Zeitung. 1888. Nr. 81—102. Fol.

Société d'histoire naturelle in Colmar:

Bulletin. 27e—29e années. 1886—1888. 1888. 8°.

Academia nacional de ciencias in Cordoba (Rep. Argent.):

Boletin. Tomo X. entr. 2. Tomo XI. entr. 1. 2. Buenos Aires 1887—88. 8°.

École polytechnique in Delft:

Annales. Tom. IV. Livr. 1. 2. 1888. 4°.

Colorado Scientific Society in Denver:

Proceedings. Vol. II. Part 3. 1887. 8°.

Naturforscher-Gesellschaft in Dorpat:

Schriften. Nr. II—IV. 1887—88. 4°.
Sitzungsberichte. Bd. VIII, 2 (1887). 1888. 8°.

Union géographique du Nord de la France in Douai:

Bulletin. Tom. VIII. Nov.—Déc. 1887. Tom. IX. Janv.—Avril 1888. 1887—88. 8°.

Verein für Erdkunde in Dresden:

Festschrift zur Jubelfeier des 25jährigen Bestehens des Vereins für Erdkunde zu Dresden. 1888. 8°.

Royal Irish Academy in Dublin:

Proceedings. Science. Ser. II. Vol. IV. Nr. 6. 1888. 8°.

Royal Dublin Society in Dublin:

The scientific Transactions. Vol. III. Nr. XIV. Vol. IV. Nr. I. 1887/88. 4°.

Digitized by Google

Royal Geological Society of Ireland in Dub

Journal. Vol. XVII. Part 2. 1887. 8°.

Geological Society in Edinburgh

Transactions. Vol. V. Part 4. 1888. 8°.

Reale Accademia dei Georgofili in Firenz

Atti. 4ª Serie. Vol. XI. disp. 2. 3. 1888. 8°.

Senckenbergische naturforschende Gesellschaft in Frank

Abhandlungen. Bd. XVIII. Heft 3. 1888. 4°.
Bericht. 1888. 8°.

Naturwissenschaftlicher Verein in Frankfurt a

Monatliche Mittheilungen. 6. Jahrg. 1888/89. Nr. 1—6.

Naturforschende Gesellschaft in Freiburg i/Br

Berichte. Bd. II. 1887. 8°.

Observatoire astronomique in Genf:

Résumé météorologique de l'année 1887 pour Genève et Saint-Bernard par A. Kammermann. 1888. 8°.

Denison University in Granville, Ohio:

Bulletin of the Scientific Laboratories. Vol. I. II. parts 1885—88. 8°.

Verein der Aerzte in Steiermark in Graz:

Mittheilungen. 24. Vereinsjahr 1887. 1888. 8°.
Chronik des Vereins 1863—1888. 8°.

Naturwissenschaftlicher Verein für Steiermark in Gra

Mittheilungen. Jahrgang 1887. Heft 24. 1888. 8°.

Leopoldinisch-Carolinische deutsche Akademie der Naturfo in Halle a/S.:

Leopoldina. Heft XXIV. Nr. 11—22. 1888. 4°.
Nova Acta. Bd. 49—51. 1887. 4°.
Katalog der Bibliothek. Lief. 1. 1887. 8°.

Teyler Genootschap in Harlem:

Archives du Musée Teyler. Ser. II. Vol. III, partie 2. 1888.
Catalogue de la bibliothèque par C. Ekama. Livr. VII. 1887/88. 8°.

Digitized by Google

Holländische Gesellschaft der Wissenschaften in Harlem:

Archives Néerlandaises des sciences exactes. Tom. XXII. Livr. 4. 5. Tom. XXIII. Livr. 1. 1888. 8°.

Commission géologique de la Finlande in Helsingfors:

Carte géologique de la Finlande Nr. 10 et 11, accompagnée de renseignements. 1888. 8°.

Finländische Gesellschaft der Wissenschaften in Helsingfors:

Bidrag till kännedom af Finlands natur och folk. Heft 45—47. 1887—88. 8°.

Societas pro Fauna et Flora Fennica in Helsingfors:

Acta. Vol. III. IV. 1886—88. 8°.
Meddelanden. Heft 14. 1888. 8°.

Siebenbürgischer Verein für Naturwissenschaften in Hermannstadt:

Verhandlungen und Mittheilungen. 38. Jahrg. 1888. 8°.

Royal Society of Tasmania in Hobarttown:

Papers and Proceedings for 1887. 1888. 8°.

Naturwissenschaftlich-medicinischer Verein in Innsbruck:

Berichte. XVII. Jahrg. 1887—88. 1887. 8°.

Medicinisch-naturwissenschaftliche Gesellschaft in Jena:

Jenaische Zeitschrift für Naturwissenschaft. Bd. XXII. Heft 1—4. 1888. 8°.

Naturwissenschaftlicher Verein in Karlsruhe:

Verhandlungen. 10. Bd. 1883—88. 1888. 8°.

Section médicale de la Société des sciences expérimentales annexée à l'université de Charkow:

Trudi. 1886—1887 et 1888. 1888. 8°.

Ministerial-Kommission zur Untersuchung der deutschen Meere in Kiel:

Ergebnisse der Beobachtungs-Stationen. 1887. Heft 1—9. Berlin gr. 4°.

Sternwarte in Kiel:

Das Aequinoctium für 1860,0 von E. Lamp. 1882. 4°.
Untersuchungen über das Cometensystem. 1843 I, 1880 I u. 1882 II. I. Theil. Der grosse September-Comet 1882. II, von Heinrich Kreutz. 1888. 4°.

Digitized by Google

Physikalisch-ökonomische Gesellschaft in Königsberg:

Schriften. 28. Jahrgang 1887. 1888. 4°.

K. K. Akademie der Wissenschaften in Krakau:

Pamiętnik (Arbeiten). Mathem. Classe. Bd. XIV. XV. 1888. 4°.
Rozprawy (Sitzungsberichte). Mathem. Classe. Bd. XVII. XVIII. 1888. 8°.
Antropologija. Tom. XII. 1888. 8°.
Fizyografija. Tom. XXI. 1888. 8°.

Société Vaudoise des sciences naturelles in Lausanne:

Bulletin. 3e Série. Vol. XXIV. Nr. 98. 1888. 8°.

Nederlandsche Rykskommissie voor graadmeting in Leiden:

Uitkomsten der Rijkswaterpassing 1875—1885. s'Gravenhage 1888. 4°.

Archiv der Mathematik und Physik in Leipzig:

Archiv. 2. Reihe. Theil VI. Heft 3. 4. Theil VII. Heft 1. 2. 1888. 8°.

Astronomische Gesellschaft in Leipzig:

Vierteljahresschrift. Jahrg. 23. Heft 1. 2. 1888. 8°.

K. Sächsische Gesellschaft der Wissenschaften in Leipzig:

Abhandlungen der math.-phys. Classe. Bd. XIV. Nr. 9—13. 1888. 8°.

Journal für praktische Chemie in Leipzig:

Journal. N. F. Bd. 37. Heft 10. 11. Bd. 38. Heft 1—9. 1888. 8°.

Verein für Erdkunde in Leipzig:

Mittheilungen. 1887. 1888. 8°.

K. K. Berg-Akademie in Leoben:

Programm f. d. J. 1888/89. Wien 1888. 8°.

Zeitschrift „Nature" in London:

Nature. Vol. 38. Nr. 976—997. 1888. gr. 8°.

Her Majesty's Stationery Office in London:

Report on the Scientific Results of the Voyage of H. M. S. Challenger Zoology. Vol. 23—27. (Text und plates). 1888. 4°.

Digitized by Google

Royal Society in London:

Proceedings. Vol. 44. Nr. 268—272. 1888. 8°.
Philosophical Transactions. Vol. 178. A. B. 1888. 4°.
List of the Members. 30. Nov. 1887. 4°.

Royal Astronomical Society in London:

Monthly Notices. Vol. 48. Nr. 9. Vol. 49. Nr. 1. 1888. 8°.

Chemical Society in London:

Journal. Nr. 308—313. July—Decemb. 1888. 8°.
Abstracts of the Proceedings. Session 1888—89. Nr. 56—58. 8°.

Linnean Society in London:

Transactions. Zoology. Vol. 3. Parts 5. 6. Botany. Vol. II. Part 15. III. Part 1. 1887—88. 4°.
Journal. Zoology. Nr. 118. 130. 131. 136—139. Botany Nr. 152—155. 159—162. 1887—88. 8°.
List of the Members. Session 1887—88. 8°.

Royal Microscopical Society in London:

Journal. 1888. Part 4—6. 8°.

Zoological Society in London:

Proceedings. 1888. Part II. 8°.

Société Royale des Sciences in Lüttich:

Mémoires. II. Série. Tom. XV. Bruxelles 1888. 8°.

Naturwissenschaftlicher Verein in Magdeburg:

Jahresbericht und Abhandlungen 1887. 1888. 8°.
Das Innere der Erde. Vortrag von Ernst Hintzmann. 1888. 8°.

Reale Osservatorio di Brera in Mailand:

Pubblicazioni. Nr. XXXIII. 1888. Fol.

Reale Istituto Lombardo di scienze e lettere in Mailand:

Memorie. 1) Classe di scienze. Vol. XVI. Fasc. 2. 1887—88. 4°.

Società Italiana di scienze naturali in Mailand:

Atti. Vol. XXX. Fasc. 1—4. 1887—88. 8°.

Sociedad scientifica „Antonio Alzate" in Mexico:

Memorias. Tomo I. Nr. 1. 2. Tomo II Nr. 1—4. 1888. 8°.
Teoria de los errores por H. Faye. 1888. 8°.

Digitized by Google

Sociedad de geografia y estadistica in Mexico:

Boletin. Tom. I. Nr. 1. 2. 1888. 8°.

Sociedad de historia natural in Mexico:

La Naturaleza. II. Ser. Tom. I. cuad 3. 1888. Fol.

Società dei Naturalisti in Modena:

Atti. Memorie. Ser. III. Vol. VII. Fasc. 1. 1888. 8°.

Royal Society of Canada in Montreal:

Proceedings and Transactions 1887. Vol. V. 1888. 4°.

Geological and Natural History Survey of Canada in Montreal:

Annual Report. (Neu Series). Vol. II. 1886. 1887. 8°.

Société Impériale des Naturalistes in Moskau:

Bulletin. Année 1888 Nr. 2. 3. 8°.
Nouveaux Mémoires. Tom. XV. Livr. 3—5. 1885—88. 4°.
Meteorologische Beobachtungen. 1888. I. Hälfte. 4°.

Deutsche Gesellschaft für Anthropologie in Berlin und München.

Correspondenzblatt. 19. Jahrg. Nr. 6—10. München 1888. 4°.

K. b. technische Hochschule in München:

Programm f. d. J. 1888/89. 1888. 8°.
Bericht für d. J. 1887/88. 1888. 4°.
Personalstand. Sommer-Semester 1888. 8°.

Reale Accademia delle scienze fisiche e matematiche in Neapel:

Atti. Serie II. Vol. 1. 2. 1888. 4°.
Rendiconti. Serie II. Vol. I. Fasc. 1. 1887. 4°.

Zoologische Station in Neapel:

Mittheilungen. Bd. VIII. Heft 2. Berlin 1888. 8°.

Institute of Engineers in Newcastle-upon-Tyne:

Transactions. Vol. 37. Part 5. 1888. 8°.

Connecticut Academy of Arts und Sciences in New-Haven:

Transactions. Vol. VII, 2. 1888. 8°.

The American Journal in New-Haven:

The American Journal of science. Vol. 35. Nr. 210. Vol. 36. Nr. 211—214. June—Oct. 1888. 8°.

Observatory of the Yale-University in New-Haven:

Report for the year 1886/87 and 1887/88. 1887-88. 8°.

Digitized by Google

New-Orleans Academy of Sciences in New-Orleans:

Papers 1887—88. Vol. I. Nr. 2. 1888. 8°.

Academy of Sciences in New-York:

Transactions. Vol. VII. Nr. 3—8. 1887—88. 8°.
Annals. Vol. IV. Nr. 5—8. 1888. 8°.

American geographical Society in New-York:

Bulletin. Vol. XX. Nr. 2. 3. Aug. - Sept. 1888. 8°.

Nederlandsche botanische Vereenigung zu Nijmegen:

Nederlandsch kruidkundig Archief. 2. Serie. 5e Deel. 2e stuk. 1888. 8°

Naturhistorische Gesellschaft in Nürnberg:

Jahresbericht 1887. 1888. 8°.
Festschrift zur Begrüssung des XVIII. Kongresses der deutschen anthropologischen Gesellschaft in Nürnberg. 1887. gr. 8°.

Neurussische naturwissenschaftliche Gesellschaft in Odessa:

Sapiski. Tom. XIII. Abth. 1. 1888. 8°.

Geological and Natural History Survey of Canada in Ottawa:

Catalogue of Canadian Plants. Part IV. Endogens. By John Macoun. Montreal 1888. 8°.

Società Veneto-Trentina di scienze naturali in Padua:

Bullettino. Tom. IV. Nr. 2. 1888. 8°.

Circolo matematico in Palermo:

Rendiconti. Tom. II. Fasc. 4. 5. 6. 1888. 8°.

Collegio degli Ingegnerie degli Architetti in Palermo:

Atti. Anno XI. 1888 Gennaio—Agosto. 1888. 4°.

Académie des sciences in Paris:

Comptes rendus. Tom. 107. Nr. 1—26. 1888. 4°.
Mission scientifique du Cap Horn. 1882—83. Tom. I. 1888. 4°.
Collection des anciens alchimistes grecs par M. Berthelot. Livr. 2e. 1888. 4°.

Académie de médecine in Paris:

Bulletin. 1888. Nr. 27—52. 1888. 8°.

Digitized by Google

Comité international des poids et mesures

Procès-verbaux. Séances de 1887. 1888. 8°.
Travaux et Mémoires. Tom. VI. 1888. 4°.

École polytechnique in Paris

Journal. Cahier 57. 1887. 4°.

Moniteur scientifique in Paris

Moniteur scientifique. Livr. 560—564. Août—Dec. 188

Museum d'histoire naturelle in Paris:

Nouvelles Archives. II. Série. Tom. IX, 2. X, 1. 188

Revue internationale de l'électricité in Paris

Revue. Tom. VII Nr. 61—72. 1888. 4°.

Société d'anthropologie in Paris:

Bulletins. 3e Série. Tom. XI. Fasc. 1. 2. 3. 1888. 8°.

Société de géographie in Paris:

Compte rendu. 1888. Nr. 13—15. 8°.
Bulletin. 1888. trimestre 1—3. 8°.

Société mathématique de France in Paris:

Bulletin. Tom. XVI. Nr. 4. 1888. 8°.

Société zoologique de France in Paris:

Mémoires. Vol. I. Part 1—3. 1888. 8°.
Bulletin. Vol. XII. Part. 5. 6. XIII. Nr. 1—6. 1888. 8°

Académie Imperiale des Sciences in Petersburg:

Mélanges biologiques. Tom. XII. Livr. 6. 1888. 8°.

Comité géologique in Petersburg:

Bibliothéque géologique de la Russie par S. Nikitin. I
1888. 8°.
Bulletins. Tom. VI. Nr. 11. 12. VII. 1—5 et Supplement
1887—88. 8°.
Mémoires. Vol. V. Nr. 2—4. Vol. VI. partie I. II. Vol.
1888. 4°.

Chemisch-physikalische Gesellschaft an der Kais. Univ
in Petersburg:

Schurnal. Tom. XX. Heft 5—8. 1888. 8°.

Digitized by Google

Physikalisches Central-Observatorium in Petersburg:

Repertorium für Meteorologie. Bd. XI. 1888. 4°.
Annalen. Jahrg. 1887. Theil I. 1888. 4°.

Academy of natural sciences in Philadelphia:

Journal. II. Series. Vol. IX. Part 2. 1888. Fol.
Proceedings. 1888. Part II. March—Sept. 8°.

Alumni Association in Philadelphia:

24th annual Report for the year 1887—88. 1888. 8°.

The Journal of comparative Medicine and Surgery in Philadelphia:

Journal. Vol. IX. Nr. 4. 1888. 8°.

American Philosophical Society in Philadelphia:

Proceedings. Vol. XXV. Nr. 127. 1888. 8°.
Transactions. New Series. Vol. XVI. Part 2. 1888. 4°.

Second Geological Survey of Pennsylvania in Philadelphia:

Annual Report 1886. Part IV. with Atlas. Harrisburg 1887. 8°.
Northern Anthracite Field. Atlas. Part II. 1887. 8°.

R. Scuola normale superiore in Pisa:

Annali. Vol. IX. 1888. 8°.

Società Toscana di scienze naturali in Pisa:

Atti. Memorie. Vol. IX. 1888. 8°.

Mathematisch-physikalische Gesellschaft in Prag:

Časopis. Bd. XVII. 1887. Heft 1—6. 8°.

K. K. Sternwarte in Prag:

Magnetische und meteorologische Beobachtungen im Jahr 1887. 48. Jahrgang. 1888. 4°.

Naturwissenschaftlicher Verein in Regensburg:

Berichte. Heft I, für die Jahre 1886—87. 1888. 8°.

Museu nacional in Rio de Janeiro:

Archives. Vol. VII. 1887. 4°.

R. Comitato geologico d'Italia in Rom:

Bollettino. 1887. Vol. XVIII. fascicolo di supplemento. 1888. Nr. 5—8. 8°.

Digitized by Google

Società Italiana delle scienze (detta de

Memorie di matematica e di fisica. Serie III. T
1887. 4°.

Essex Institute in Salem

Bulletin. Vol. XIX. Nr. 1—12. 1887. 8°.
Visitors' Guide to Salem. 1887. 8°.

Museo nacional de la República de Costa Rica

Anales. Tom. I. Año de 1887. 1888. 4°.

Société des Sciences in Strassburg

Bulletin mensuel. Tom. XXII. Fasc. de Juillet—Nove

Royal Society of New-South-Wales in Sydn

Journal and Proceedings. Vol. XXII. Part I. 1888. 8

Observatorio astronomico nacional de Tacubaya (M

Anuario. IX. Año de 1889. 1888. 8°.

Physikalisches Observatorium in Tiflis

Magnetische Beobachtungen im J. 1886—87. 1888. 8

College of Science, Imperial University, in Tok

The Journal. Vol. II. Part 2. 3. 1888. 4°.

Deutsche Gesellschaft für Natur- und Völkerkunde Ostasie

Mittheilungen. Heft 40. Juli. Yokohama 1888. Fol.

Canadian Institute in Toronto:

Proceedings. 3. Series. Vol. VI. Fasc. 1. 1888. 8°.

Zeitschrift „der Naturforscher" in Tübingen.

Der Naturforscher. 1888. Nr. 29—39. 4°.

Société provinciale des arts et sciences in Utrech

Ph. Kooperberg, Geneeskundige Plaatsbeschrijving van Le
s'Gravenhage 1888. gr. 8°.

Smithsonian Institution in Washington:

Annual Report for 1885. Part II. 1886. 8°.
Miscellaneous Collections. Vol. XXXII. XXXIII. 1888. 8

United States Naval Observatory in Washington:

Report of the Superintendent for the year ending June 30. 1

Digitized by Google

U. S. Coast and Geodetic Survey in Washington:

Report of the Superintendent for the year ending June 1886. Part I. Text. Part II. Atlas. 1887. 4°.
Bulletin. Nr. 3. 4. 1888. 4°.

United States Geological Survey Office in Washington:

Geology and Minnig Industry of Leadville, with Atlas. By S. F. Emmens. 1886. 4°.

Surgeon-general's Office, U. S. Army in Washington:

The medical and surgical History of the War of the Rebellion. Part III. Vol. I. Medical History. 1888. 4°.
Index-Catalogue. Vol. IX. 1888. 4°.

Secretary of War in Washington:

Annual Report of the Chief Signal Officer of the Army for the year 1887. Part I. 1887. 8°.

Philosophical Society in Washington:

Bulletin. Vol. X. 1887. 1888. 8°.

K. K. Akademie der Wissenschaften in Wien:

Sitzungsberichte math.-naturw. Classe. I. Abth. 1887. Heft 1—10. II. Abth. 1887. Heft 3—10. III. Abth. 1887. Heft 1—10. 1887—88. 8°.
Denkschriften. Math.-naturw. Classe. Bd. 53. 1887—88. 4°.

K. K. Gesellschaft der Aerzte in Wien:

Medizinische Jahrbücher. Jahrg. 1888. Heft 3—5. 8°.

Anthropologische Gesellschaft in Wien:

Mittheilungen. Bd. XVIII. Heft 2—4. 1888. 4°.

Zoologisch-botanische Gesellschaft in Wien:

Verhandlungen. Band XXXVIII. Quartal I und II. 1888. 8°.

K. K. naturhistorisches Hofmuseum in Wien:

Annalen. Bd. III. Nr. 3. 4. 1888. gr. 8°.

K. K. geologische Reichsanstalt in Wien:

Verhandlungen. 1888. Nr. 9—14. 4°.
Jahrbuch. Jahrg. 1888. Bd. 37. Heft 3. 4. Bd. 38. Heft 1—3. 1888. 8°.

Verein zur Verbreitung naturwissenschaftlicher Kenntnisse in Wien:

Schriften. 28. Cyklus. 1888. 8°.

Digitized by Google

Naturforschende Gesellschaft in Zür-
Vierteljahrsschrift. Jahrg. XXXIII. Heft 1. 188[illegible]

Schweizerische meteorologische Central-Anst[illegible]
Annalen. 1886. 4°.

Von folgenden Herren:

Wilhelm Blasius in Braunschweig:
Lebensbeschreibungen Braunschweigischer Naturforscher
Die Vögel von Palawan. Wien 1888. 8°.
Beiträge zur Kenntniss der Vogelfauna von Celebes
1886. 8°.
Ueber Castor canadensis Kuhl, den Amerikanischen Bi[illegible]
Vier Nekrologe: Gottlieb Braun, Friedrich Reck, Herma[illegible]
mann, Theodor Hartig. 1887. 8°.

V. P. Kluk-Kluczycki in Krakau:
Umsturz irrthümlicher Schullehren. Theil II. 1888. 8°

A. von Kölliker in Würzburg:
Zur Kenntniss der quergestreiften Muskelfasern. Leipzig 1[illegible]

Baron Ferdinand von Müller in Melbourne:
Iconography of Australian Species of Acacia. Decade
1888. 4°.

L. Rütimeyer in Basel:
Ueber einige Beziehungen zwischen den Säugethierstämmen d[illegible]
neuer Welt. Zürich 1888. 4°.

Eduard August Schroeder in Teschen:
Fischerei-Wirthschaftslehre. Dresden 1889. 8°.

C. Piazzi Smyth in Edinburgh:
Report on the Royal Observatory Edinburgh. 1888. 4°.

Michele Stossich in Triest:
Appendice al mio lavoro: J. Distomi dei pesci marini e d'aqua d[illegible]
1888. 8°.

Digitized by Google

Namen-Register.

de Bary Anton (Nekrolog) 187.
Bauer Gustav 337.
Brill Alexander 81.

Claisen Rainer Ludwig (Wahl) 503.

Ecker Alexander (Nekrolog) 166.

Finsterwalder S. 257.

Götz H. 249.
Gray Asa (Nekrolog) 193.
Groth Paul 256.
v. Gümbel Wilhelm 81.
Gyldén Hugo (Wahl) 504.

v. Haast Julius (Nekrolog) 176.
Haushofer Carl (Wahl) 503.
Hermann Friedrich 277.
Hessler Franz 267.

Kirchhoff Gustav Robert (Nekrolog) 181.
Kohlrausch Friedrich 3.
de Koninck Laurent-Guillaume (Nekrolog) 172.
Kupffer Carl 71.
Kurz A. 249.

Lehmann Carl Bernhard 151.
Lommel Eugen 319. 321. 325. 371. 397.

Digitized by Google

Maurer Ludwig 103.
Miller Andreas 1.

v. Pettenkofer Max 21.

Radlkofer Ludwig 385. 405.
Recknagel Georg (Wahl) 504.
v. Regel Eduard (Wahl) 503.
Rüdinger Nikolaus 493. (Wahl) 503.

v. Sandberger Friedrich 423.
Seeliger Hugo 201. 371.
Sohncke Leonhard 21. 337. 371.
Steinheil Adolf (Wahl) 503.
Stokes Georg Gabriel (Wahl) 504.
Studer Bernhard (Nekrolog) 162.

Virchow Rudolf (Wahl) 504.
v. Voit Carl 155.
Voss Aurel 15. 95.

Wagner Moritz (Nekrolog) 155.

Digitized by Google

Sach-Register.

ıaltyphus, Ursachen der Abnahme desselben in München 21.

;selasticität, Vertheilung derselben in dreifach symmetrischen ;ystallen 257.
änge des inneren Ohres, Entwickelung derselben 493.

a, Versetzung dieser Gattung von den Acerineen zu den Ana-ardiaceen 385.
chriften, eingelaufene 355. 505.

ität der Krystalle 256.
citätsmodul, longitudinaler, Bestimmung desselben 1.
romotorische Untersuchungen 249.

ıen, auf denen zwei Schaaren geodätischer Linien ein conjugirtes System bilden 95.
ıen 4. Ordnung, deren geometrische Erzeugung sich an 2 Tetra-eder knüpft 337.
nen, ein Satz aus der Theorie derselben 15.

chmacksorgan, feinerer Bau desselben 277.

ıoonia, Versetzung dieser Gattung von den Sapotaceen zu den Solaneen 405.

erferenz durch cirkulare Doppelbrechung 325.
terferenzstreifen, subjektive im objektiven Spektrum 319.
variantensysteme, allgemeine 103.

Digitized by Google

Leitungswiderstand, elektrischer, des Quecksilbers 3
Lithion-Granite des Fichtelgebirges, Erzgebirges u. Böhmens 423.
Luftelektricität, zur Theorie derselben 21.

Naturgeschichte der alten Hindu 267.
Nekrologe 155. 162. 166. 172. 176. 181. 187. 193.
Neunaugen, Entwicklung derselben 71.

Phosphorophotographie des ultrarothen Spektrums 37.
Photometrie zerstreut reflektirender Substanzen 201.
Polarisationsebene, Drehung derselben für die Fr. Linien 321.

Schnittpunkte, Multiplicität derselben von zwei ebenen
Schwefelkohlenstoff, Wirkung desselben auf den thierisch mus 151.
Strom, Entstehung desselben in der galvanischen Kette

Wahlen 503.

Digitized by Google

Sitzung vom 3. November 1888.

Seite

el: überreicht den vollendeten Band der gesam-
n Schriften Fraunhofer's 371
ger: Fortgesetzte Untersuchungen über das mehr-
e Sternsystem ζ Cancri 371
xe: Die Entstehung des Stroms in der galvanischen
e 371
ofer: Ueber die Versetzung der Gattung Dobinea von
Acerineen zu den Anacardiaceen 385

Sitzung vom 1. Dezember 1888.

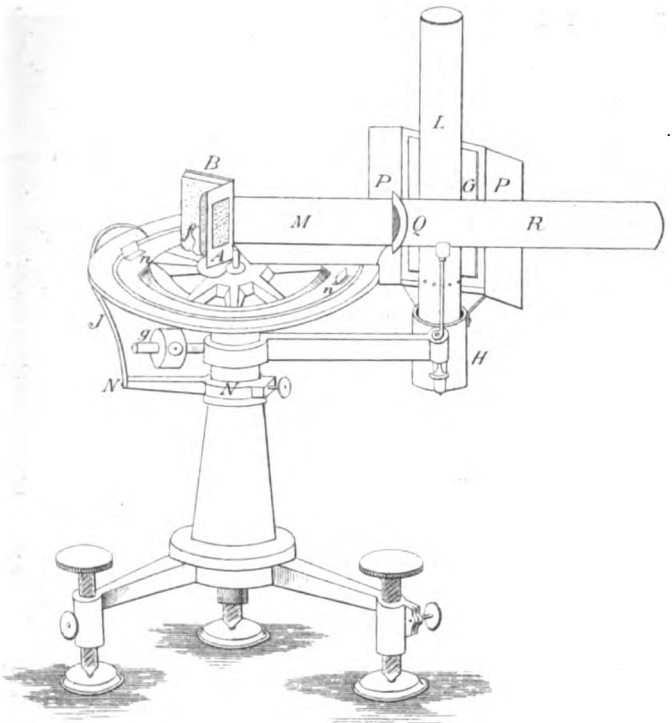
iel: Phosphoro-Photographie des ultrarothen Spectrums
mit Tafel V.) 397
kofer: Ueber die Versetzung der Gattung Henoonia
on den Sapotaceen zu den Solanaceen 405
ndberger: Ueber Lithionit-Granite mit besonderer
Rücksicht auf jene des Fichtelgebirges, Erzgebirges und
es nördlichen Böhmens 423
inger: Zur Entwickelung der häutigen Bogengänge des
nneren Ohres (mit Taf. VI) 493

dungen von Druckschriften 355, 505

Digitized by Google

Digitized by Google

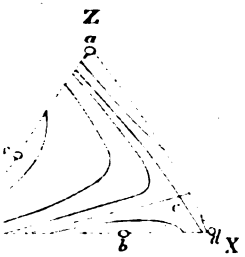
Smithsonian Library



Digitized by Google

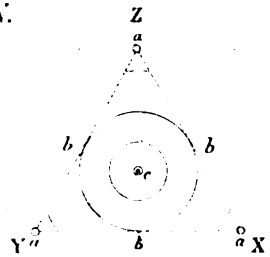
Digitized by Google

bisches System:
Baryt:



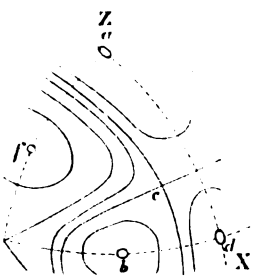
Reguläres System:
Flussspath:

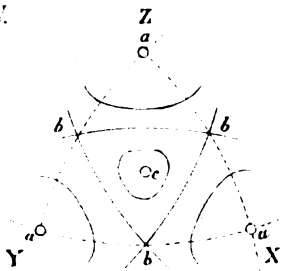
IV.

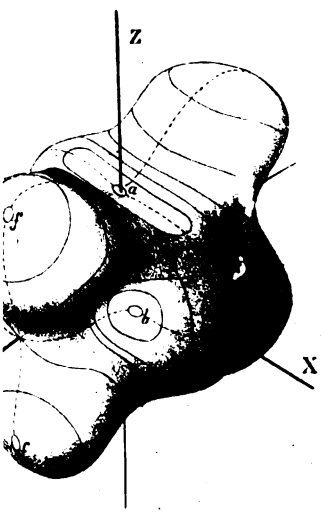


STANFORD UNIV

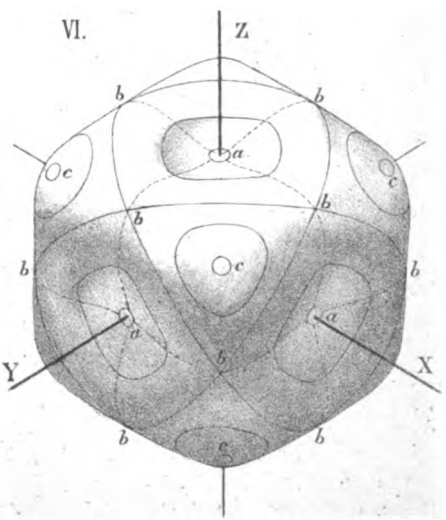
V.







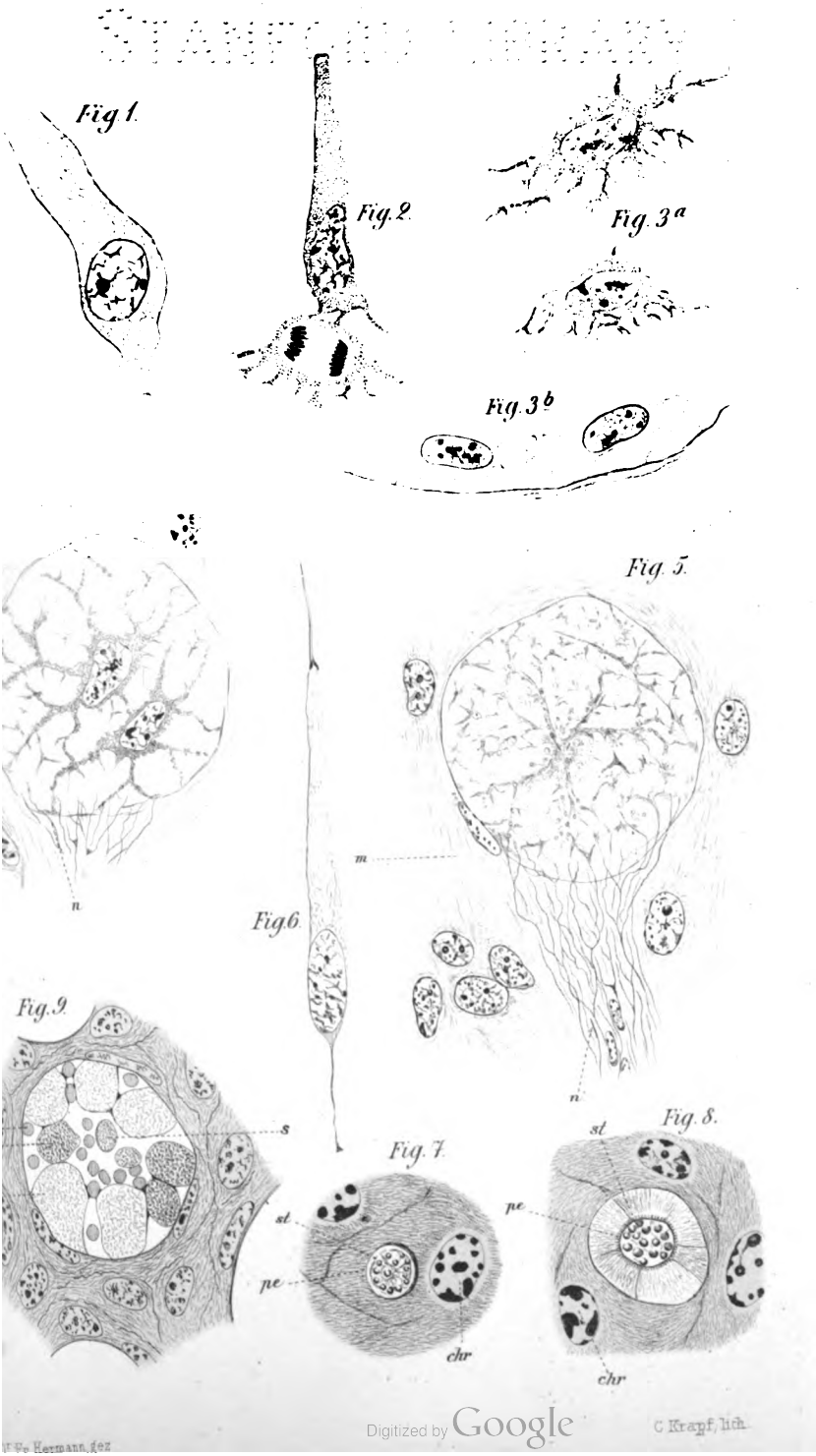
VI.



Digitized by Google

STANFORD UNIVERSITY LIBRARY

Digitized by Google



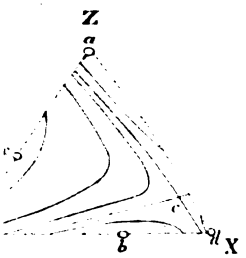
Digitized by Google

Digitized by Google

Digitized by Google

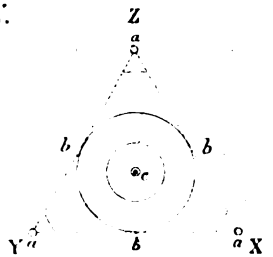
Digitized by Google

bisches System:
Baryt:

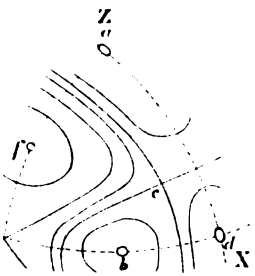


Reguläres System:
Flussspath:

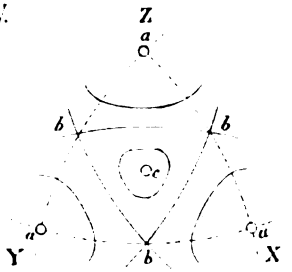
IV.

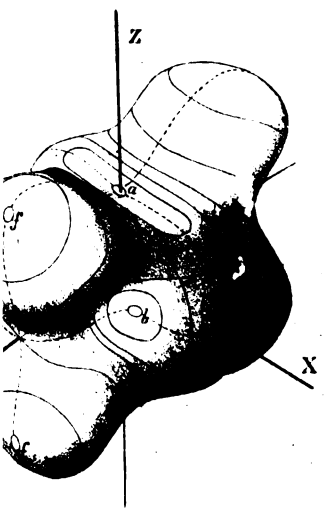


STANFORD LIBRARY

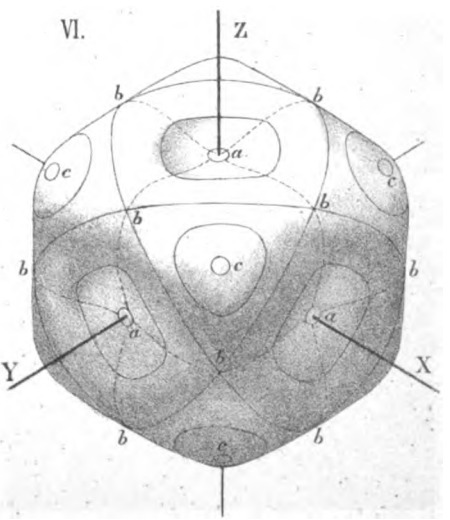


V.





VI.



Digitized by Google

STANFORD LIBRARY

Digitized by Google

STANFORD LIBRARY

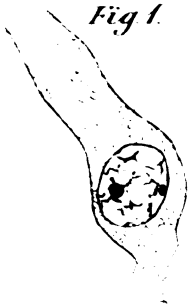


Fig. 1.

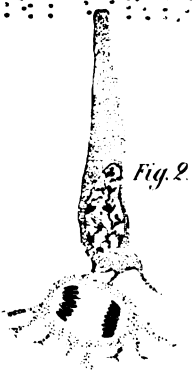


Fig. 2.

Fig. 3a

Fig. 3b

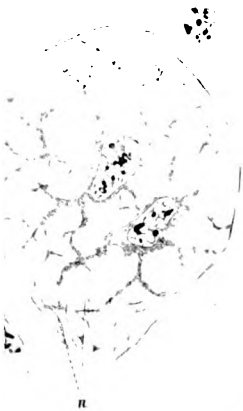


Fig. 5.

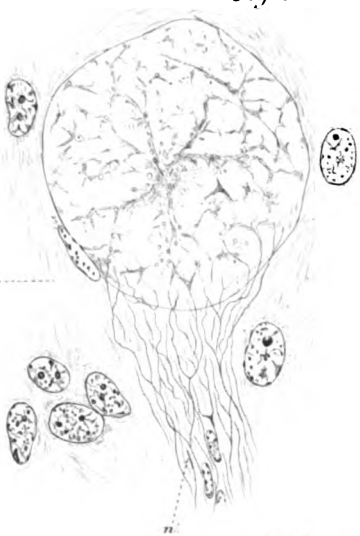


Fig. 6

Fig. 9.

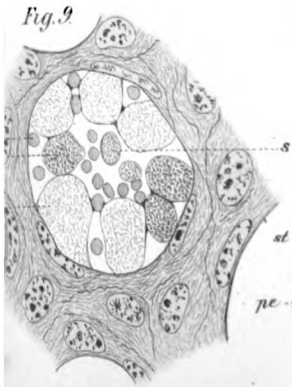


Fig. 7.

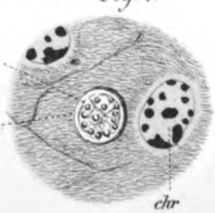
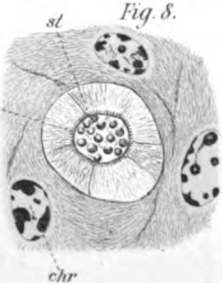


Fig. 8.



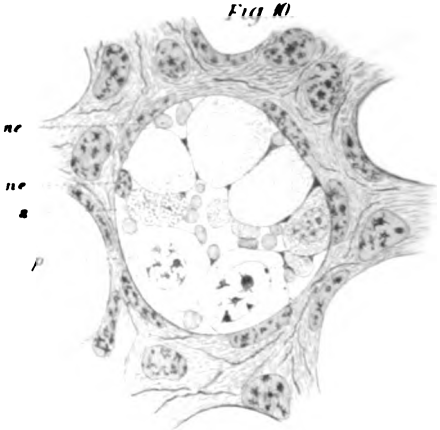
Digitized by Google

STANFORD LIBRARY

Digitized by Google

Digitized by Google

Fig. 10



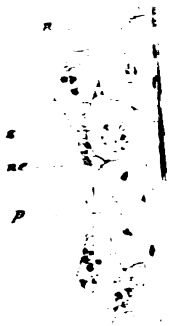
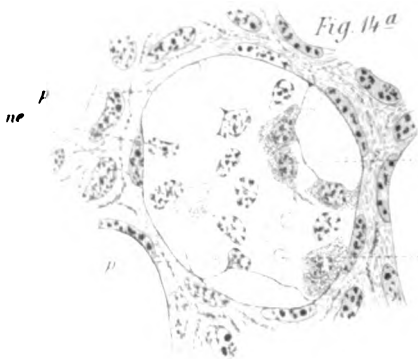


Fig. 14 a



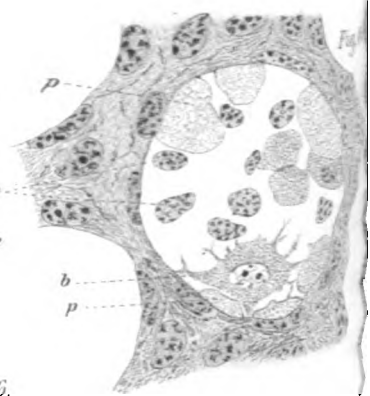
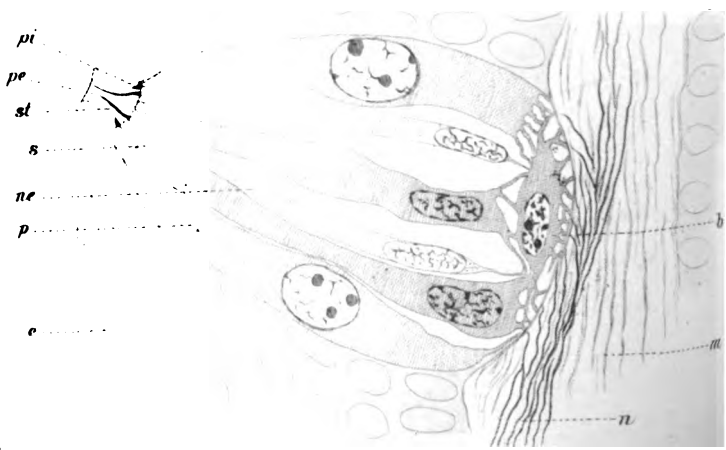


Fig. 16.



Digitized by Google

Fig. 12.

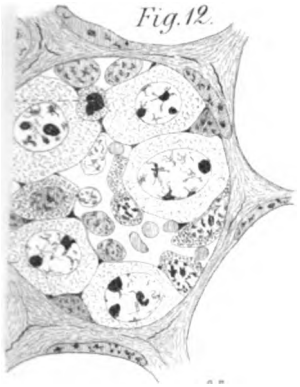
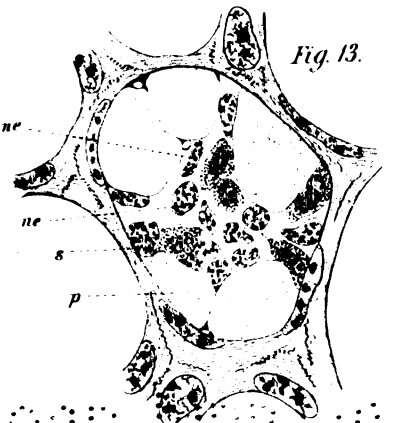


Fig. 13.



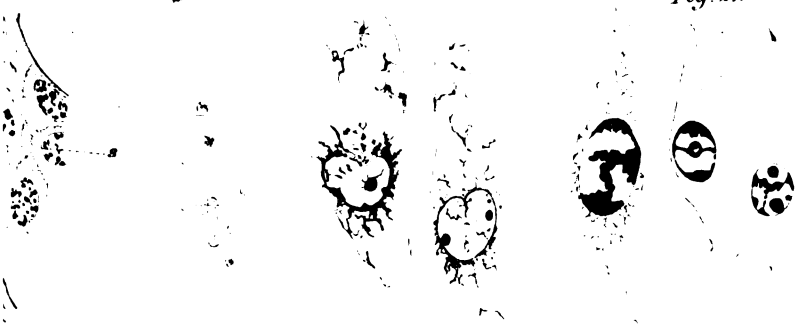
STANFORD LIBRARY

Fig. 20.

Fig. 15.

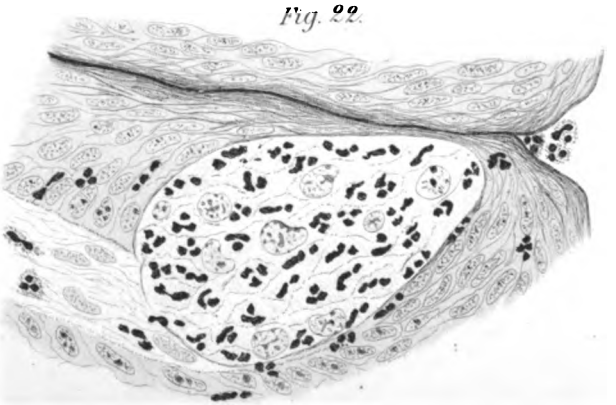
Fig. 19.

Fig. 21.



1. 18.

Fig. 22.



Digitized by Google

Digitized by Google

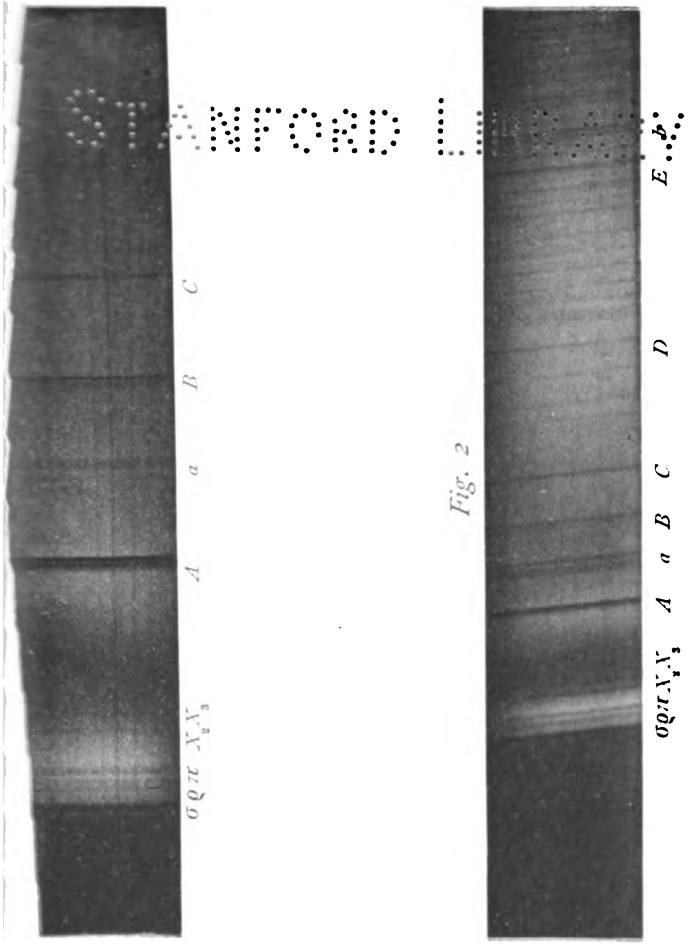


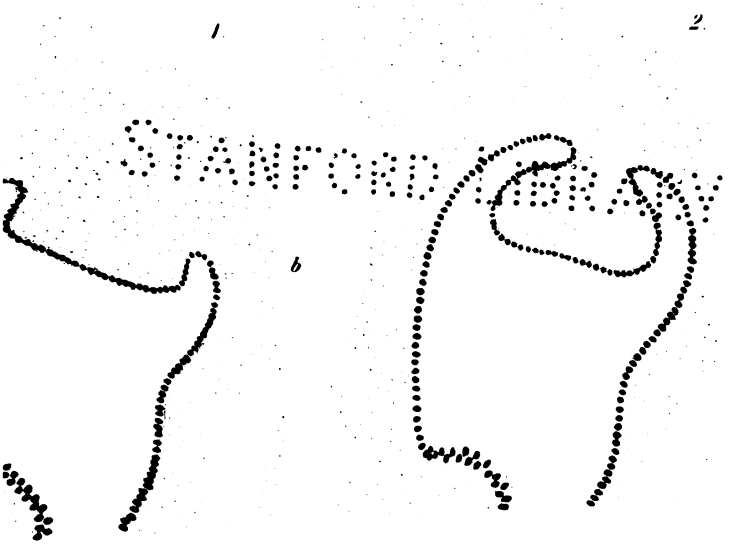
Fig. 2

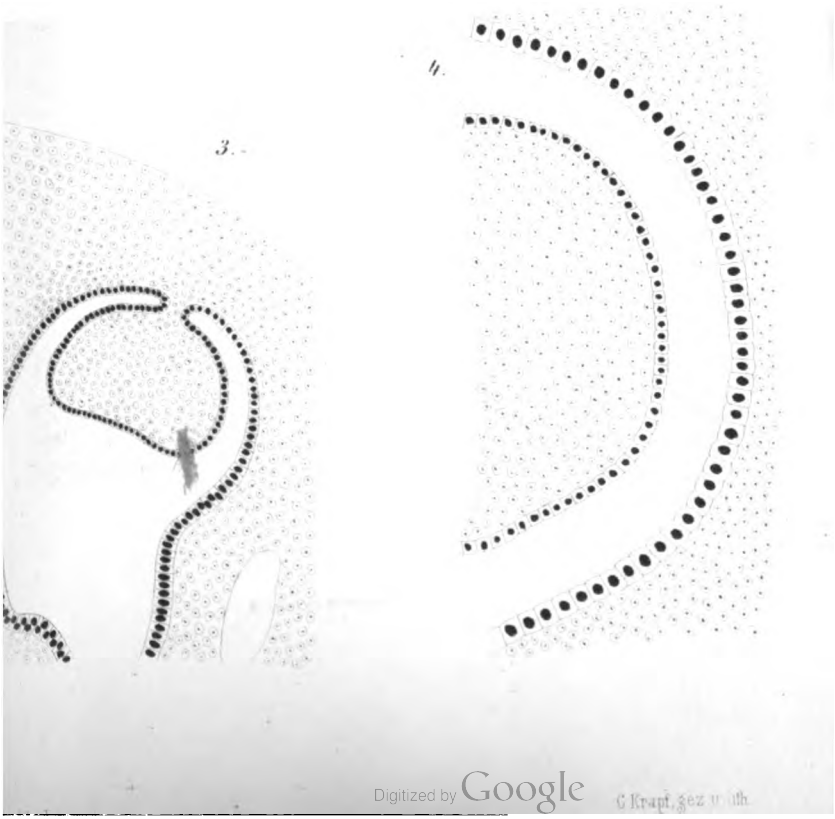
Phototypie Bruckmann

Digitized by Google

TAMPORIS LIBRARY

Digitized by Google





Digitized by Google

HARVARD LIBRARY

Digitized by Google

Digitized by Google

Digitized by Google

Digitized by Google

Digitized by Google

Stanford University Libraries
3 6105 005 431 296

STANFORD UNIVERSITY LIBRARIES
CECIL H. GREEN LIBRARY
STANFORD, CALIFORNIA 94305-6004
(415) 723-1493

All books may be recalled after 7 days

DATE DUE

Digitized by Google

Digitized by Google