

Stam 205

HARVARD
COLLEGE
LIBRARY.

~~1065~~

ABHANDLUNGEN

AUS DEM GEBIETE DER

NATURWISSENSCHAFTEN, MATHEMATIK UND MEDICIN

ALS

GRATULATIONSSCHRIFT

DER NIEDERRHEINISCHEN GESELLSCHAFT FÜR NATUR- UND HEILKUNDE

ZUR FEIER

DES FÜNFZIGJÄHRIGEN JUBILÄUMS

DER KÖNIGLICH RHEINISCHEN

FRIEDRICH-WILHELMS-UNIVERSITÄT

B O N N

AM 3. AUGUST 1868.

MIT 4 LITHOGRAPHIRTEN TAFELN.

BONN

BEI ADOLPH MARCUS.

1868.

~~V. 1065~~

LSoc 1716.30

1880. May 27
Bright Fund.



2734
53-108
22

Ein halbes Jahrhundert ist dahingeflossen im Strome der Zeiten, seit auf dem linken Rheinufer die Pflanzstätte des Wissens gegründet wurde, deren Jubelfeier wir heute begehen. Wohl ist die Universität Bonn die jüngste unter ihren deutschen Schwestern, aber schon schmückt sie der Lorbeer, den sie errungen durch ihre Leistungen in Lehre und Forschung. Zu diesem selbsterworbenen Schmucke fügt sich heute ein anderer Kranz, gebildet von den Glückwünschen, die von fern und nah zu dem festlichen Tage zusammenströmen. In diesen Kranz will auch die Niederrheinische Gesellschaft für Natur- und Heil-Kunde ein Blatt einflechten, indem sie der Universität eine Sammlung von Arbeiten darbringt, die aus dem Kreise ihrer Mitglieder und aus den verschiedenen von ihr behandelten Gebieten des Wissens herstammen. Mit dieser Gabe glaubt die Niederrheinische Gesellschaft auch eine Pflicht der Dankbarkeit zu erfüllen; denn da sie, unmittelbar nach der Universität gestiftet, an demselben Orte tagt, an welchem diese ihren Sitz aufgeschlagen hat, wird auch sie belebt und erfrischt von dem Wehen des Geistes, welches von dem Centralpunkte des Wissens auf weite Kreise ausstrahlt. Möge

die Universität unsern Glückwunsch freundlich aufnehmen, möge sie wachsen, blühen und gedeihen!

Bonn, 2. August 1868.

Die ordentlichen Mitglieder der Niederrheinischen Gesellschaft
für Natur- und Heil-Kunde:

Andrae. Arenz. Argelander. Baltes. Bergemann. Besser. Bettendorff. Binz. Bischof.
Bluhme sen. Bluhme jun. Borggreve. Brassert. Burkart. Busch. van Calker.
Daniels. v. Dechen. Delius. Dieckhoff. Doutrelepont. Finkelnburg. Fischer.
Flach. C. Freitag. M. Freitag. v. Fürth. Gehring. Geißler. Georgi. Greeff.
Haelschner. Hanßen. Hartstein. Henry. Hertel. Herx. Heymann. Hildebrand.
Kalt. Karmrodt. Kekulé. Kestermann. Ketteler. Klein. Kley. Körnicke. Kortum.
Kranh. Krohn. Landolt. v. Lasaulx. v. Lavallette St. George. Leo. Lipschitz.
v. Mädler. Marquart. Marx. Massen. Sona Meyer. Moers. Mosler. Muck.
Nasse. Nanmann. Nettekoven. v. Neufville. Noeggerath. Oebeke. Obernier.
Peters. Pflüger. Plücker. Preyer. Radicke. vom Rath. Richarz. v. Riese.
Rieth. Rindfleisch. Ritter. Ritthausen. Ruehle. Saemisch. v. Sandt. Schaaffhausen.
Schaefer. Schroeder. L. Schulze. M. Schulze. Sievers. Sinning. Sonnenburg.
Thiel. Thilmann. Thomann. Tollens. Troschel. Ungar. Veit. Velten.
Wachendorf. Wallbaum. Weber. Welcker. Weghe. H. Wolff. Wrede. Wüllner.
Bartmann.

Crustulum gratulans,
eine neue Gattung aus der Scutellen-Familie.

Von *Franz Hermann*
Dr. F. H. Troschel.

Hierzu Tafel I.

Die Lamarck'sche Gattung *Scutella* ist von den neueren Schriftstellern mit den Clypeastern und einigen anderen verwandten Formen zu einer Familie verbunden, die von Agassiz und Desor „Clypeastroides“, von Gray „Scutellidae“ genannt wird. In ihr lassen sich die Clypeaster wegen der einfachen unteren Ambulacralfurchen und wegen des höheren abgerundeten Randes den Scutellen gegenüberstellen, während die Fibularien von beiden dadurch abweichen, dass die Poren in den Ambulacren nicht durch Furchen verbunden sind. Aus der Gruppe der Scutellen besitzt das Naturhistorische Museum zu Bonn ein Stück, welches beschrieben zu werden verdient, da es eine neue Gattung bildet.

Die Scutellen gehören zu den zierlichsten Seeigeln wegen ihrer flachen Gestalt, die unwillkürlich an einen Honigkuchen oder ein Zuckerplätzchen erinnert. Deshalb haben sie seit langer Zeit die Aufmerksamkeit der Naturfreunde auf sich gezogen und es finden sich Abbildungen vieler Arten schon bei den älteren Schriftstellern. Sie wurden nicht selten in Conchyliensammlungen aufbewahrt, was wegen ihrer starren, festen Schale sehr gut anging.

Schon die älteren Schriftsteller haben die Zweckmässigkeit herausgefühlt innerhalb dieser Gruppe Gattungen zu sondern; indessen sind die Gattungen, wie sie heute begrenzt zu werden pflegen, erst von Agassiz (1847) zur Geltung gebracht worden, wenngleich er zum Theil ältere Namen verwendete. Schon Eschscholtz in seinem zoologischen Atlas IV pag. 19 Anmerk. macht auf eine bequeme Eintheilung der Scutellen aufmerksam, die zu

wenig Beachtung gefunden hat. Er legt einen besonderen Werth darauf, ob zwischen Darmöffnung und hinterm Rande der Schale ein Einschnitt oder ein Loch vorhanden ist oder nicht. Zu den ersteren gehören, wenn wir uns auf die Formen der gegenwärtigen Schöpfungsperiode beschränken wollen, die Gattungen *Rotula* Klein, *Echinodiscus* Breynius, *Mellita* Klein, *Leodia* Gray und *Encope* Agassiz, zu den letzteren die Gattungen *Lobophora* Agass., *Echinarachnius* van Phelsum, *Saphechinus* Al. Agass. und *Dendraster* Agass., so wie die Form, welche in den folgenden Zeilen beschrieben werden soll.

J. E. Gray legt in *Catalogue of the recent Echinida or Sea Eggs in the collection of the British Museum 1855* einen besonderen Werth darauf, ob die *Ambulacra* schmal und am Ende offen, oder breit und am Ende geschlossen sind. Der erstere Fall trifft zu bei den Gattungen *Rotula*, *Echinodiscus*, *Dendraster* und *Echinarachnius*, der zweite bei *Mellita*, *Encope*, *Lobophora* und *Crustulum*. Auf diese Weise würden sich unsere Gruppen A und D den Gruppen B und C gegenüberstellen lassen, wenn nicht die Gray'sche Gattung *Leodia* eine Ausnahme zu machen schiene, die in Beziehung auf die Durchbohrungen und die Lage des Afters mit *Mellita* übereinstimmt, sich jedoch durch die schmalen offenen *Ambulacra*, so wie die erst gegen den Rand hin verästelten unteren *Ambulacralfurchen* unterscheiden soll. Durch die Gestalt der *Ambulacra* wird sie aus der Nähe der verwandten *Mellita* fortgerissen und in eine andere Gruppe versetzt. Deshalb möchte ich diesen Charakter nicht an die Spitze stellen.

Nothwendig muss es Verwirrung erzeugen, wenn Gray die von Agassiz und Desor angewendeten Namen wieder abändert. So nennt er *Lobophora* Agass. — *Echinodiscus*, und *Encope* Agass. — *Echinoglycus*. Der Name *Echinodiscus* Breyn. wurde von Agassiz auf diejenigen Formen von *Rotula* angewendet, welche von Löchern durchbohrt sind. Ich habe die Namen im Agassiz'schen Sinne angenommen.

Um die Beziehungen meiner neuen Gattung zu den bisher bekannten recht klar vor Augen zu legen, möchte ich folgende Gruppierung vorschlagen.

- A. Mehrere Einschnitte am Hinterrande der Schale, unter denen ein mittlerer, der den After näher zum Munde drängt.
 - 1. Gatt. *Rotula* Klein. Scheibe nicht durchbohrt.
 - 2. Gatt. *Echinodiscus* Breyn. Scheibe von Löchern durchbohrt.
- B. In dem Interambulacralraum hinter dem After ein unpaariges Loch,

After nahe dem Munde, Löcher oder Einschnitte in den Radian der Ambulacra.

3. Gatt. *Mellita* Klein. Löcher in den Radian der Ambulacra, Ambulacra breit und geschlossen.
4. Gatt. *Leodia* Gray. Löcher in den Radian der Ambulacra, Ambulacra schmal und offen, untere Ambulacralfurchen erst in der Nähe des Randes verästelt.
5. Gatt. *Encope* Agass. Einschnitte in den Radian der Ambulacra.
- C. Kein Loch hinter dem After, After mitten zwischen Mund und Rand, Löcher oder Einschnitte in den Radian der Ambulacra.
 6. Gatt. *Lobophora* Agass. Einschnitte oder Löcher nur in den Radian der beiden hinteren Ambulacra.
 7. Gatt. *Crustulum* Trosch. Löcher in allen fünf Radian der Ambulacra.
- D. Keinerlei Einschnitte oder Löcher, After nahe dem Rande.
 8. Gatt. *Dendraster* Agass. Untere Ambulacralfurchen mehrfach verästelt, After näher dem Rande als dem Munde.
 9. Gatt. *Scaphechinus* Alex. Agass. Untere Ambulacralfurchen mehrfach verästelt, After marginal.
 10. Gatt. *Echinarchnius* Phels. Untere Ambulacralfurchen nur einmal verästelt, After marginal.
 11. Gatt. *Arachnoides* Klein. Untere Ambulacralfurchen nicht verästelt, After marginal.

Dass dem hinteren unpaarigen Einschnitte oder Loche ein höherer systematischer Werth zuertheilt wird, als den übrigen, erscheint durch den Umstand gerechtfertigt, dass er einen Einfluss auf die Lage des Afters ausübt. Wo ein solcher Einschnitt vorhanden ist, wird der After nothwendig in die Nähe des Mundes gedrängt. Es darf ferner nicht unberücksichtigt bleiben, dass die geographische Verbreitung der Arten der eben vorgeschlagenen Gruppierung eine Stütze giebt. Die Gruppe A lebt an den Küsten von Africa, die Gruppe B ist ausschliesslich auf die amerikanische Hemisphäre beschränkt, die Gruppe C ist, soweit das Vaterland der Arten sicher bekannt ist, in Ostindien heimisch, und die Gruppe D hat eine weitere Verbreitung, indem Arten aus Californien, Kamtschatka, Ostindien und Neuholland bekannt sind.

Die fossilen Scutellen, welche Veranlassung zur Aufstellung eigener Gattungen gegeben haben, fügen sich in der Weise in unsere Anordnung

ein, dass *Mortonia* Desor und *Scutella* Lam. Agass. zur Gruppe D, *Monophora* Desor in die Gruppe B und *Amphiope* Agass. zur Gruppe C. gehört. *Amphiope* unterscheidet sich von *Lobophora* nur durch die rundliche Form der beiden Löcher und es mag zweifelhaft sein, ob diese generische Trennung berechtigt sei. Unter allen Umständen stellt der Besitz von fünf Löchern unsere neue Gattung *Crustulum* den *Lobophora* und *Amphiope* so schroff gegenüber, dass ihr die generische Berechtigung nicht wohl wird abgesprochen werden können.

Folgende Merkmale unterscheiden die Gattung *Crustulum* untrüglich:

Char. gen. *Testa complanata, medio convexa, margine tenui, subacuto, subtus plana. Ambulacra brevia, circumscripta. Perforationes quinque angustae in radiis ambulacralibus. Pori genitales quatuor, oculares quinque. Anus inferus medius inter os et marginem.*

***Crustulum gratulans* n. sp.**

Tafel I.

Das einzige Exemplar erwarb das Bonner Museum von dem Naturalienhändler Landauer in Frankfurt a. M., der es vorher von Herrn Dr. Ludwig Schultze in Bonn eingetauscht hatte. Es soll aus einer alten holländischen Sammlung stammen.

Die Schale ist flach, scheibenförmig, rundlich, kaum länger als breit, vorn spitzer abgerundet als hinten; die grösste Breite liegt etwas hinter der Mitte. Oberhalb ist die Schale in der Mitte gewölbt, mit dem dorsalen Pole etwas vor der Mitte. Diese Wölbung fällt nach allen Seiten ab, so dass sie allmählich in einen flachen breiten Rand übergeht. Die Unterseite ist ganz flach.

Im dorsalen Pole liegt die von äusserst feinen Löchern durchbohrte Madreporenplatte von pentagonaler Gestalt mit eingebogenen Seitenrändern. Die Ambulacren sind regelmässig blumenblattartig, das vordere unpaare etwas länger als die übrigen. Die inneren Poren jedes Porenpaares bilden eine deutliche Reihe querovaler Poren, die sich von der gegenüberliegenden Reihe allmählich entfernen und sich am Ende wieder nähern, ohne das Blumenblatt völlig zu schliessen. Solcher Poren zähle ich in jedem Ambulacrum gegen 60. Die äusseren Poren sind, mit Ausnahme der ersten und letzten, weit von ihren zugehörigen inneren Poren entfernt, jedoch mit ihnen

durch eine tiefe Furche verbunden, die an dem inneren Porus flach beginnt, aber nach aussen immer tiefer wird. Die zwischen diesen Furchen liegenden Wälle sind sehr regelmässig mit einer Reihe solcher stacheltragenden Höckerchen besetzt, wie sie die ganze Oberseite bedecken. — Die vier Geschlechtsöffnungen sind deutliche runde Löcher, wie Nadelstiche, viel grösser als die inneren Poren der Ambulacren; im hinteren Interambulacralraum fehlt die Geschlechtsöffnung. Die Ocularporen sind alle fünf vorhanden, viel kleiner als die Geschlechtsöffnungen, ja noch viel kleiner als die Ambulacral-Poren, mit blossen Augen nur eben wahrzunehmen. Noch sehr viel kleiner sind die Poren der Madreporenplatte.

Die Schale wird von fünf Löchern durchbohrt, die alle in den Radien der Ambulacra liegen, und die Verlängerung der Ambulacra bilden. Sie entsprechen den fünf Durchbohrungen bei *Mellita hexapora*; das sechste Loch, welches im hinteren Interambulacralraum bei der genannten Art liegt, und welches alle Arten der Gattung *Mellita* besitzen, fehlt unserer Art. Diese Durchbohrungen sind schmal und lang, etwa viermal so lang wie breit; die drei vorderen sind ungefähr gleich lang, die beiden hinteren um den vierten Theil länger bei gleicher Breite. Auf der Unterseite setzen sich die fünf Durchbohrungen gegen den Mund hin in eine Furche fort.

Mitten auf der flachen Bauchseite liegt der Mund, jedoch etwas näher dem Hinterrande. Er ist nicht einfach rund, indem die Ambulacralräume ein wenig in ihn einspringen; die den Interambulacralräumen entsprechenden Ausbuchtungen des Mundes sind abgerundet. — Der After liegt mitten zwischen dem Munde und dem hinteren Rande der Schale, und zwar ein wenig näher dem Rande als dem Munde. Seine Entfernung vom Hinterrande verhält sich zu der Entfernung vom Vorderrande der Schale wie 1:4. Er ist unregelmässig rundlich, nicht kreisförmig.

Die unteren Ambulacralfurchen entspringen zu je zweien an den Vorsprüngen des Mundes und sind eine kurze Strecke durch eine winzige Leiste von einander getrennt; bald verschwindet diese Leiste, wodurch die Ambulacralfurchen gleichsam mit einander verschmelzen, dann aber trennen sie sich, um nicht fern vom Rande der grossen Löcher sich fast parallel zu dem Schalenrande zu erstrecken. Auf ihrem Wege geben sie mehrere Aeste (ungefähr fünf) in die breiten Interambulacralräume ab. Ganz nahe dem Munde, soweit jene winzige Leiste reicht, sind in den Ambulacralfurchen wirkliche Poren vorhanden, weiterhin sieht man nur kleine punktförmige

Eindrücke. Auf der Bauchseite sieht man sehr deutlich, wie die Schale aus grossen polygonalen Platten zusammengesetzt ist, weniger deutlich auch auf dem Rücken. Um den Mund bilden fünf rhombische Platten einen Stern, dessen Strahlen nach der Mitte der Interambulacralfelder hinsehen.

Die ganze Schale, oben und unten, ist ziemlich gleichmässig mit kleinen Höckerchen besetzt, die denn auch sehr feine kurze Stachelchen tragen, von denen nur in den grossen Löchern einige Spuren erhalten sind. Jedes Höckerchen erhebt sich aus einer Grube. Auf der Unterseite der Schale sind die kleinen Wälle, welche sich überall zwischen den Gruben hinziehen, sehr fein und dicht punktirt; auf der Rückenseite ist dies nicht der Fall. Die Höckerchen sind überall unregelmässig gestellt, nur auf den Ambulacren selbst bilden sie regelmässige Querreihen, die den Zwischenräumen der Poren entsprechen.

Von der ursprünglichen Farbe lässt sich nichts mehr erkennen; die vorliegende Kalkschale ist grau. Ueber das Vaterland kenne ich keinerlei Angabe; es lässt sich jedoch vermuthen, dass auch diese Art, wie die *Lobophora*, in Ostindien lebe.

M a a s s e :

Länge der Schale	123 Mm.
Breite der Schale	121 „
Entfernung der Mitte der Madreporenplatte vom Vorderrande	64 „
Entfernung der Mitte der Madreporenplatte vom Hinterrande	65 „
Länge des vorderen Ambulacrums	27 „
Breite desselben	13,5 „
Länge der Ambulacren des vorderen Paares	24 „
Breite derselben	14 „
Länge der Ambulacren des hinteren Paares	27 „
Breite derselben	14 „
Länge der drei vorderen Löcher	19 „
Länge der beiden hinteren Löcher	23 „
Breite der Löcher	5 „
Entfernung des Mundes vom Vorderrande der Schale	65 „
Entfernung des Mundes vom Hinterrande der Schale	56 „
Entfernung des Afters vom Munde	28 „
Entfernung des Afters vom Vorderrande der Schale	96 „
Entfernung des Afters vom Hinterrande der Schale	24 „

Ueber die Spectra des glühenden Wasserstoffs.

(F) 16. Von
Dr. A. Wüllner.

Ad. Wüllner (Anten)

Hierzu Tafel II.

1.

Das Spectrum, welches in Geissler'sche Röhren unter sehr geringem Drucke eingeschlossenes Wasserstoffgas zeigt, wenn man den Strom eines kleinern Ruhmkorff'schen Inductionsapparates hindurchgehen lässt, besteht, wie es zuerst Herr Plücker beschrieben hat¹⁾, im wesentlichen aus drei hellen Linien, welche Herr Plücker mit $H\alpha$, $H\beta$, $H\gamma$ bezeichnet hat. $H\alpha$ ist eine glänzende rothe Linie, welche die Stelle der Fraunhofer'schen Linie C einnimmt, $H\beta$ ist eine helle blaugrüne Linie, welche genau der dunklen Linie F, und $H\gamma$ eine blaviolette Linie, welche einer feinen dunklen Linie eben vor G, die auch Herr Ångström als dem Wasserstoff angehörig bezeichnet hat²⁾, entspricht. Ganz schwach tritt ausser diesen noch eine weitere violette Linie auf, $H\delta$, deren Lage wegen ihrer Lichtschwäche sich nicht genau bestimmen lässt.

Ausser diesen hellen scharfen Linien sieht man in manchen Röhren noch ein schwach helles, von dunklen Linien durchzogenes Feld in der Umgebung der der Natriumlinie, der dunklen Linie D des Spectrums entsprechenden Stelle. Dieses helle Feld beginnt etwa 0,8 des Zwischenraumes zwischen α und D vor D und geht über D soweit hinaus, dass der hinter D liegende Theil etwa halb so breit ist als der Theil vor D. Mit einem Flintglasprisma von 60° brechendem Winkel von sehr grossem Dispersionsvermögen und einem Fernrohr von etwa 12facher Vergrösserung betrachtet, löst sich dieses

1) Plücker, Poggendorffs Annalen Bd. 107 p. 506 u. 518.

2) Ångström, Poggendorffs Annalen Bd. 123.

Feld in etwa 14—16 helle dunkel geränderte und schön schattirte Streifen auf, welche roth, orange, gelb bis gelblich grün sind. Man sieht diese Partie bei verschiedenen Wasserstoffröhren bald mehr bald weniger hell, so dass Herr Plücker sie anfänglich den letzten Spuren der in den Röhren noch vorhandenen Luft zuschrieb.

Später erkannte Herr Plücker diesen Theil des Spectrums als ebenfalls dem Wasserstoff angehörig an. In der mit Herrn Hittorf unternommenen Untersuchung über die Spectra glühender Gase und Dämpfe¹⁾, in welcher für mehrere Elemente, wie Stickstoff und Schwefel, die Existenz zweier verschiedenen Spectra, eines continuirlichen mit schattirten Feldern, und eines aus mehr oder weniger durch dunkle Zwischenräume getrennten hellen Linien bestehenden Spectrums nachgewiesen ist, welche Spectra als solche erster und zweiter Ordnung bezeichnet wurden, wird dieses helle Feld als ein besonderes Spectrum des Wasserstoffs von eigenthümlichem Charakter bezeichnet. Herr Plücker bemerkt dort²⁾ über dieses Spectrum: „In einer alten Spectralröhre, welche sehr verdünntes Wasserstoffgas enthielt, erscheint der Grund, von welchem sich die drei charakteristischen Linien abheben, nicht immer von der gleichen Dunkelheit; zuweilen erscheinen neue glänzende Linien, besonders in der Nähe der Natriumlinie. Wir constatirten die Existenz eines neuen Wasserstoffspectrums, welches einer niedrigeren Temperatur entspricht, aber keine Aehnlichkeit mit all den andern Spectren erster Ordnung, dem des Stickstoffs, des Schwefels etc. zeigt. In diesem Spectrum von eigenthümlichem Charakter beobachteten wir, wenn es vollständig entwickelt war, eine grosse Zahl von scharf begrenzten hellen Linien, fast zu zahlreich, um sie zählen oder zeichnen zu können, aber hell genug um mit einer 72fachen Vergrösserung untersucht zu werden.“

Dass dieses Spectrum dem Wasserstoff eigenthümlich ist, wurde dann weiter dadurch constatirt, dass man die Entladung des Ruhmkorff'schen Apparates durch ein $\frac{1}{4}$ bis $\frac{1}{8}$ Zoll weites Rohr gehen liess, welches Wasserstoff unter einem Drucke von 5 bis 10 Mm. enthielt, in dessen Axe sich dann eine bläulich weisse Lichtlinie zeigte. Mit dem Prisma analysirt zeigte sie das erwähnte Spectrum, zahlreiche helle Linien besonders zwischen roth und gelb. Neben diesen Linien erschienen weder $H\alpha$ noch $H\gamma$, nur $H\beta$,

1) Plücker u. Hittorf, Philosophical Transactions London for 1865 p. I.

2) Plücker u. Hittorf a. a. O. p. 22.

aber schwächer als manche andere Linie. Wurde eine Leydner Flasche mit steigender Ladung eingeschaltet, so wurden alle Linien heller, $H\beta$ am hellsten, $H\alpha$ erschien schön, $H\gamma$ schwächer.

2.

Vor etwa zwei Jahren habe ich ausser den beschriebenen noch ein drittes Spectrum des Wasserstoffgases beobachtet, welches weder in seinem Aussehen, noch in seiner Entstehungsweise mit den beschriebenen übereinstimmt. Das Spectrum trägt nämlich, besonders in seinem grünen Theile, entschieden den Charakter eines solchen erster Ordnung, wie ich es denn im ersten Augenblicke für ein solches des Stickstoff hielt, von welchem es sich aber bei genauerm Vergleiche wesentlich an dem für Stickstoff so charakteristischen blauen Ende unterscheidet. Die erste Beobachtung, welche ich in der Maisitzung 1866 der Niederrheinischen Gesellschaft für Natur- und Heilkunde mittheilte, war eine zufällige. Bei einer Experimentaluntersuchung über die Beziehung zwischen Brechungsexponenten und Körperdichte¹⁾ benutzte ich zur Bestimmung der Brechungsexponenten das aus den erwähnten drei hellen Linien bestehende Spectrum des glühenden Wasserstoffs. Bei dieser Gelegenheit veränderte sich eines Tages plötzlich eine schon lange und zu vielfachen Messungen benutzte Wasserstoffröhre; ihr vorher schön rothes Licht wurde weiss, im Spectrum verschwand die violette Linie und statt des frühern trat ein continuirliches, besonders im grün schön schattirtes Spectrum auf. Die erste Vermuthung, dass die Röhre undicht geworden sei und etwas Luft aufgenommen habe, erwies sich bei einer Vergleichung mit dem Spectrum des Stickstoffgases und bei weitem Versuchen, welche den Zweck hatten, das Spectrum genauer zu untersuchen, dadurch als irrig, dass die Röhre ebenso plötzlich wieder ihre frühere rothe Farbe annahm und als Spectrum nur die bekannten drei hellen Linien zeigte. Es war damit constatirt, dass unter zunächst noch nicht bestimmbaran Umständen der Wasserstoff ein continuirliches Spectrum liefern konnte.

Ich erhielt kurz darauf von Herrn Geissler hier in Bonn eine Anzahl neuer Wasserstoffröhren; eine dieser Röhren zeigte bei der Untersuchung eine ganz ebensolche Veränderung, sie wurde plötzlich weiss und zeigte ganz

1) Poggendorffs Annalen Bd. 133.

dasselbe schon an der ersten Röhre beobachtete continuirliche Spectrum. Diese Röhre, es ist eine Spectralröhre der gewöhnlichen Form mit Platinelektroden, zeigt bei einfachem Hindurchgehen des Inductionsstromes dieses Spectrum nach heute. Das Spectrum ist von einer solchen Reichhaltigkeit und Schönheit der Schattirung, dass es schwer zu beschreiben und noch schwerer zu zeichnen ist. Das Spectrum H_{II} der Tafel, nach einer von Hrn. Dr. Bettendorff entworfenen Zeichnung, gibt den Anblick dieses Spectrums so genau wie möglich wieder, das darüber gezeichnete H_I gibt die Lage der drei Wasserstofflinien, wie sie dem Minimum der Ablenkung entsprechen. Die Skala gibt die Ablenkung der hellen Linien durch das erwähnte Flintglasprisma an einem Meyerstein'schen Spectrometer, jede im Minimum der Ablenkung gemessen.

Das Spectrum zeigt zunächst die rothe Linie H_{α} , rechts daneben zunächst ein ganz dunkles Feld, dann beginnt in etwa 0,15 des Abstandes H_{α} D von H_{α} entfernt das continuirliche Spectrum, welches von da ab nicht ganz bis H_{γ} , also nicht ganz bis zur Fraunhofer'schen Linie G reicht. In der rothen und gelben Partie lassen sich etwa 18 schön schattirte, mehr oder weniger breite Felder unterscheiden, deren einzelne durch ihre besondere Helligkeit ausgezeichnet sind. Die hellen Felder lassen selbst noch eine Menge feiner schwarzer Linien erkennen, so dass möglicher Weise bei Anwendung einer grössern Zahl von Prismen, wie sie Herr Plücker benutzt hat, diese Partie in lauter einzelne Linien zerfällt, demnach mit dem von den H. H. Plücker und Hittorf beschriebenen zweiten Wasserstoffspectrum zusammenfällt.

Auf die rothgelbe Partie folgt dann zunächst ein schwach beleuchtetes grünes Feld, welches rechts durch einen hellern grünen Streifen begrenzt ist. Dann folgt bis zur Linie H_{β} , welche immer sichtbar bleibt, ein schönes grünes vielfach schattirtes Feld, welches durch seine Schattirung und die von dem dunklern Hintergrund sich abhebenden hellen Streifen, deren vier besonders hell hervortreten, einen ganz stereoskopischen Eindruck macht. Der Charakter dieses Theils ist dem des grünen im ersten Stickstoffspectrum so ähnlich, dass nur eine ins einzelne gehende Vergleichung den Unterschied beider erkennen lässt.

Von H_{β} nach der blauen Seite hin reicht das Spectrum noch etwa bis zur Mitte des Raumes zwischen H_{β} und H_{γ} , und es heben sich hier von einem schwach blauen Grunde noch vier hellere Streifen ab, von denen der

zweite und vierte die hellsten sind. $\text{H}\gamma$ ist nur zuweilen ganz schwach zu erkennen.

Eben dasselbe Spectrum erhielt ich seitdem noch in einer ziemlichen Anzahl anderer Wasserstoffspectralröhren immer dann, wenn sie bei gut wirkendem Inductionsapparate längere Zeit gebraucht waren, und nun durch einen schwächern Strom erleuchtet wurden.

Die Beobachtung der H.H. Plücker und Hittorf, dass die continuirlichen Spectra erster Ordnung einer niedrigeren Temperatur angehören als die aus einzelnen hellen Linien bestehenden Spectra zweiter Ordnung, liess vermuthen, dass auch dieses Wasserstoffspectrum einer niedrigeren Temperatur angehöre, die etwa dadurch entstände, dass bei längerem Gebrauche, etwa durch eine theilweise Schmelzung der Elektroden, der Inductionsstrom beim Uebertritt in das Gas einen grössern Widerstand finde. War diese Vermuthung richtig, so musste das schon von den ebengenannten H.H. Beobachtern zur Erzeugung der zweiten Spectra angewandte Mittel, gleichzeitiges Einschalten einer Leydner Flasche in den Strom des Inductionsapparates, auch das aus den charakteristischen Linien bestehende Wasserstoffspectrum wieder hervorrufen. Diese Vermuthung bestätigte sich insoweit, dass bei Einschalten einer Leydner Flasche die eben erwähnte Spectralröhre ein flackerndes, abwechselnd rothes, abwechselnd weisses Licht zeigte, und dass man beim Aufflackern des rothen Lichtes mit dem Spectrometer die bekannten drei Wasserstofflinien wahrnahm.

Ganz vollständig gelang die Zurückführung des continuirlichen in das aus den drei Linien bestehende Spectrum mit Hülfe der Holtz'schen Maschine. Liess man den Strom einer solchen Maschine ohne aufgelegten Condensator durch die erwähnten Wasserstoffröhren hindurchgehen, so erschien ihr Licht weiss, und im Spectrometer erschien, wenn auch schwach, so doch besonders im grün deutlich, das beschriebene continuirliche Spectrum. Legte man aber den Condensator auf die Maschine, so dass der elektrische Funke in einzelnen Entladungen die Röhre durchsetzte, so wurde sofort das Licht der Röhre schön roth und zeigte nur die charakteristischen Linien. Ganz dasselbe zeigte sich natürlich, als man mit der Holtz'schen Maschine in rascher Folge die Entladungen einer kleinen Leydner Flasche bei kleiner Schlagweite durch die Röhre gehen liess. Durch diese Entladungen schien sogar der Widerstand in der Röhre dauernd vermindert zu sein, denn kurze Zeit nachher lieferte der einfache Inductionsstrom des kleinen Ruhmkorff wieder

das rothe Wasserstofflicht, welches indess sich wieder in das weisse mit continuirlichem Spectrum verwandelte, als der Strom etwa $\frac{1}{4}$ Stunde durch die Röhre hindurchgegangen war.

3.

Nachdem auf diese Weise constatirt war, dass das Licht des glühenden Wasserstoffgases je nach seiner, durch die Art der Entladung bedingten, verschiedenen Temperatur ganz verschieden sein kann, musste man eine ähnliche Verschiedenheit desselben erwarten, wenn man bei derselben Entladung dem Gase in der Röhre eine verschiedene Dichtigkeit gab. Zur Prüfung dieses Schlusses stellte ich gemeinschaftlich mit Herrn Dr. Bettendorff eine Anzahl Versuche an, welche nicht nur diesen Schluss bestätigten, sondern auch noch ein neues von den vorherigen ganz verschiedenes Spectrum ergaben.

Die Einrichtung der Apparate dazu war folgende. Vor dem Spalt des Spectrometers wurde eine Spectralröhre fest aufgestellt, welche in der Nähe jeder Elektrode ein Ansatzrohr besass, das mit einem Geissler'schen Glas-
hahne geschlossen werden konnte. Das obere dieser Ansatzrohre war mit dem horizontalen Arme einer von Herrn Dr. Bettendorff hergestellten Sprengel'schen Luftpumpe¹⁾ in Verbindung, das untere nach Zwischenschaltung eines mit wasserfreier Phosphorsäure gefüllten Glasrohres und eines mit concentrirter Schwefelsäure gefüllten Kugelapparates mit einem Wasserzersetzungsgesetzungsapparat. In letzterm waren über den Platinelektroden ziemlich weite oben mit Hähnen versehene Glasröhren angebracht, welche gleichzeitig als Gasometer dienten. Bei der Darstellung des Wasserstoffgases liess man aus der über der positiven Elektrode befindlichen Röhre das Sauerstoffgas entweichen, um nicht durch in dem Wasser gelösten Sauerstoff den Wasserstoff zu verunreinigen²⁾.

1) Sprengel, Journal of Chemical Society 2. Ser. Bd. III p. 9. Beschrieben von H. Graham in Poggendorffs Annalen Bd. 129 p. 564.

2) Die Nothwendigkeit dieser Vorsichtsmassregel ergab die Beobachtung, dass das Spectrum der in der gleich zu beschreibenden Weise hergestellten Wasserstoffröhre Sauerstofflinien zeigte, wenn man den Sauerstoff auffing und dadurch das mit Sauerstoff gesättigte saure Wasser aus der die Anode umgebenden Röhre herausdrücken und mit der andern Flüssigkeit sich mischen liess. Der absorbirte Sauerstoff, welcher dann in der Flüssigkeit des ganzen Zersetzungsgesetzungsapparates verbreitet über der Kathode entwich, war hinreichend um im Spectrum die deutlichsten Sauerstofflinien hervortreten zu lassen.

Nachdem dann die Röhre und die Pumpe durch Erwärmung und längeres Durchziehen von Luft getrocknet war, wurde die Spectralröhre möglichst luftleer gepumpt und dann aus dem Wasserzersetzungssapparat mit Wasserstoff gefüllt, nochmals leer gepumpt und gefüllt und dieses so lange wiederholt, bis man bei einem Drucke von 8—10 Mm. nur mehr die charakteristischen Wasserstofflinien beim Durchgehen des Stromes wahrnahm. Dann wurde die Röhre wieder mit Wasserstoff gefüllt und nun bei schrittweisem Auspumpen das durch den Strom des Ruhmkorff'schen Inductionsapparates hervorgebrachte Licht untersucht und gleichzeitig der Druck des abgesperrten Gases an der Quecksilbersäule der Sprengel'schen Pumpe bestimmt.

Auf diese Weise ergab sich zunächst, dass der Strom des kleinen Inductionsapparates bei einem Drucke von 135 Mm. die Röhre, deren Elektroden 1,4 Decim. von einander entfernt sind, zu durchdringen vermag, die Röhre leuchtet mit weissem Licht, dessen Intensität indess noch zu gering ist, um es prismatisch analysiren zu können.

Bei Verminderung des Druckes des eingeschlossenen Gases nimmt die Helligkeit des Lichtes stetig zu und bei einem Drucke von 100 Mm. ist es bereits hinreichend hell, so dass man es mit dem Prisma untersuchen kann. Das Licht der Röhre ist bei diesem Drucke bläulich weiss, zuweilen erscheint es momentan röthlich gefärbt. Es gibt ein continuirliches Spectrum, auf welchem, wenn das Licht röthlich scheint, die hellen Linien $H\alpha$ und $H\beta$ deutlich hervortreten.

Bei 70 Mm. Druck ist das Licht des Gases schon röthlich weiss und man erkennt im Spectrometer schon deutlich das continuirliche Wasserstoffspectrum, wie es vorhin beschrieben ist. Es zeigt sich zunächst $H\alpha$ daneben, bis zur Hälfte des Abstandes $H\alpha$ —D ist das Gesichtsfeld dunkel, dann folgt eine aus einer Reihe schön schattirter Streifen bestehende röthlich gelbe bis grünlich gelbe Partie, daneben wieder ein dunkles und dann bis $H\beta$ ein schwach helles grünes Feld, von welchem vier hellere grüne Streifen hervortreten. Hinter $H\beta$ bis $H\gamma$ ist das Gesichtsfeld mit schwachem blauen Lichte erhellt, in welchem zwei Streifen heller hervortreten, der erste in 0,3 des Abstandes $H\beta$ — $H\gamma$ hinter $H\beta$, der zweite in der Mitte zwischen diesen beiden Linien.

Wird der Druck des Gases weiter vermindert, so nimmt das Licht der Röhre immer mehr an Helligkeit zu, die Farbe des Lichtes wird röthlicher,

das Spectrum wird immer schöner. Schon bei 52 Mm. Druck ist das Spectrum ganz so ausgebildet, wie es vorhin beschrieben ist, schöner und heller wird es bei weiterer Verdünnung des Gases, bis der Druck etwa 30 Mm. beträgt, bei welchem das Spectrum äusserst brillant erscheint.

Bei weiterer Verdünnung des Gases nimmt die Helligkeit des continuirlichen Spectrums ab, während die drei Wasserstofflinien immer glänzender werden. Bei einem Gasdrucke von 21 Mm. waren die Linien $H\alpha$, $H\beta$, $H\gamma$ sehr schön, die rothgelbe Partie des continuirlichen Spectrums ebenfalls noch schön, die grüne Partie des Spectrums aber sehr geschwächt, nur die hellen Streifen in derselben noch zu sehen. Neben $H\beta$ nach der brechbaren Seite waren nur noch die beiden hellsten Streifen zu erkennen.

Bei 10 Mm. Druck war die rothgelbe Partie noch eben in ihren hellsten Streifen zu sehen, im grünen einzelne Streifen noch ganz schwach angedeutet, hinter $H\beta$ kaum noch ein Streifen zu erkennen.

Bei 6 Mm. Druck war ausser den charakteristischen Wasserstofflinien die rothgelbe Partie noch eben sichtbar, im grün noch an zwei Stellen ein heller Schein zu sehen und ebenso zwischen $H\beta$ und $H\gamma$ noch eben die beiden vorhin erwähnten hellen Streifen sichtbar.

Bei noch weiterer Verdünnung des Gases bis auf 3 Mm., 2 Mm. behielten die charakteristischen Linien dieselbe Helligkeit, alles übrige verschwand aber aus dem Spectrum fast vollständig; es trat indess bei gleichzeitiger Schwächung der hellen Linien ein Theil des continuirlichen Spectrums im grünen, in Form von etwa fünf hellen Feldern wieder hervor, als das Gas bis auf Bruchtheile eines Millimeter Druck verdünnt wurde.

Diese Beobachtungen zeigen, dass das beschriebene Wasserstoffspectrum in der That einer niedrigeren Temperatur angehört, als das aus den drei Linien bestehende, denn mit wachsender Dichtigkeit des Gases in der Spectralröhre muss die Temperatur desselben eine niedrigere werden, da der Inductionsstrom in dem dichtern Gase einen grössern Widerstand findet, und da eine grössere Menge des Gases erwärmt werden muss. Ebenso aber auch wie eine grosse Dichtigkeit des Gases den Strom nicht in voller Stärke sich entwickeln lässt, wird der Strom durch starke Verdünnung geschwächt, denn durch hinreichende Verdünnung lässt sich der Strom in einer Spectralröhre vollständig unterbrechen. Dass also bei grosser Dichtigkeit und bei sehr starker Verdünnung des Gases das continuirliche Spectrum auftritt, beweist, dass dasselbe einer niedrigeren Temperatur angehört.

4.

Durch die im Vorigen mitgetheilten Versuche ist der Beweis geliefert, dass das continuirliche Wasserstoffspectrum einer niedrigeren Temperatur angehört, es fragt sich nun, wie es dann kommt, dass Geissler'sche Spectralröhren, welche Wasserstoff unter einem Drucke von 5—10 Mm. enthalten, somit unter dem für Hervorbringung des Linienspectrums günstigsten Drucke, dennoch nach einiger Zeit, nach längerem Gebrauche das continuirliche Spectrum liefern. Die Beobachtung, dass dieses Spectrum sich besonders dann zeigt, wenn man nach längerem Gebrauche die Röhre der Einwirkung eines schwächern Stromes aussetzt, führte zu der Vermuthung, dass etwa durch eine oberflächliche Schmelzung der Elektroden dem Durchtritte des Inductionsstromes ein grösserer Widerstand geboten werde. Dass eine derartige Schmelzung der Elektroden einen solchen Einfluss hat, wurde durch eine Reihe von Versuchen constatirt. Bei den im vorigen Paragraphen erwähnten und gleich noch näher zu besprechenden äussersten Verdünnungen war der Widerstand in den Spectralröhren so gross, dass die positive Elektrode in ihrer ganzen Ausdehnung zum Glühen kam. Sie bog sich dabei ganz krumm und nach einiger Zeit war sie theilweise geschmolzen, so dass sie das Ansehen einer auf eine Schnur gezogenen Reihe kleiner Perlen annahm. Nachdem diese Deformation der Elektroden eingetreten war, zeigte die Röhre beim allmählichen Verdünnen des Wasserstoffs immer das continuirliche Spectrum, auch bei den Drucken, bei welchen sonst das grüne Licht kaum mehr sichtbar war. Das continuirliche Spectrum war bei 30 Mm., 21 Mm., 16 Mm. Druck äusserst brillant, und selbst bei 8 Mm. Druck war es zweifelhaft, ob die continuirliche Partie wirklich lichtschwächer war, oder ob sie nur gegen den blendenden Glanz der Linie $H\beta$ zurücktrat.

Für die Vermuthung, dass die Beschaffenheit der Elektroden auf die Entstehung des continuirlichen Spectrums von Einfluss ist, sprechen nach meiner Ansicht noch einige Beobachtungen, welche wir an einer von Herrn Geissler hergestellten Phosphorröhre und an einer Schwefelröhre machten. Diese Röhren enthielten ausserdem Wasserstoff. Liess man nun ohne die Röhren bis zum Schmelzpunkte des Phosphors oder des Schwefels zu erhitzen, den Inductionsstrom hindurchgehen, so zeigten dieselben ein schönes continuirliches Spectrum genau wie es vorhin beschrieben wurde; das Spec-

trum des Phosphors oder Schwefels erschien erst bei starkem Erhitzen. In diesen Röhren sind die Elektroden immer mehr oder weniger mit Phosphor oder Schwefel bedeckt, wodurch, da diese Substanzen nicht leitend sind, der zu überwindende Widerstand grösser, somit die Stärke des Stromes geringer sein muss. Selbst bei der für die Ausbildung günstigsten Dichtigkeit des Gases muss daher die Temperatur eine niedrigere sein, und deshalb das continuirliche Spectrum auftreten.

5.

Im §. 3 wurde bereits erwähnt, dass wenn der Druck des Gases in der Röhre nur mehr Bruchtheile eines Millimeter betrug, dass dann das continuirliche Spectrum des Wasserstoffs besonders im grün wieder hervortrat. Wurde die Röhre dann mit der Sprengel'schen Pumpe noch weiter evacuirt, so wurde zunächst das Licht in der Röhre schwächer, die Farbe desselben immer fahler und im Spectrum trat unter Schwächung alles übrigen die grüne Partie desselben immer schöner hervor, sie erscheint in Form von sechs schön schattirten hellen Bändern, welche durch weniger helle Zwischenräume mit einander verbunden sind, im blauen erscheinen an den im continuirlichen Spectrum hellsten Stellen ebenfalls helle Felder, von denen das in der Mitte zwischen $H\beta$ und $H\gamma$ als säulenartig gruppirte Linien sich zeigt.

Bei weiterm Auspumpen wird das Licht in der Röhre plötzlich prächtig grün, wie das Licht einer Thalliumflamme, und das Spectrum ist ganz verändert, die rothe Linie $H\alpha$ ist kaum noch zu sehen, die rothgelbe Partie des Spectrums ist vollständig verschwunden und im grün erscheinen sechs prachtvolle Liniengruppen auf fast ganz dunklem Grunde, wie sie das Spectrum H_{III} auf der Tafel darstellt. Mehrfach wiederholte Messungen gaben für die Minimalablenkung dieser Gruppen folgende Werthe¹⁾:

1. Mittelste helle Linie der ersten aus drei hellen Linien bestehenden Gruppe, diese Linie ist die hellste $62^{\circ} 47' 40''$
2. Mittelste Linie der zweiten aus drei bestehenden Gruppe $63^{\circ} 10' 15''$
3. Zweite hellste Linie der dritten aus zwei hellen Linien bestehenden Gruppe $63^{\circ} 29' 20''$

1) Das zu diesen Messungen benutzte Flintglasprisma hat einen brechenden Winkel von $60^{\circ} 2' 00''$; seine Brechungsexponenten sind für $H\alpha = 1,743355$, für $H\beta = 1,772210$, für $H\gamma = 1,790564$.

4. Erste helle der vierten aus zwei sehr nahe liegenden Linien bestehenden Gruppe 63° 46' 25"
5. Mittelste Linie der fünften aus drei hellen Linien bestehenden Gruppe, die Linie ist die hellste und hat mehr als Spaltbreite 64° 22' 20"
6. Mittelste helle Linie von mehr als Spaltbreite einer Gruppe von wenigstens sechs einzelnen Linien 64° 38' 40"
7. H β noch schwach zu sehen 64° 51' 10"

Wie man sieht liegen diese Gruppen, entsprechend der grünen Farbe des Lichts, alle im grünen Theil des Spectrums, im rothen und gelben Theile ist nichts zu sehen. Ausser diesen gemessenen Gruppen sah man noch an der Grenze des grün gegen gelb hin eine schwach helle Partie, zwischen der ersten und zweiten Gruppe zwei schwach helle Linien, und zwischen der vierten und fünften Gruppe etwa drei schwache Linien. Rechts von H β erscheint etwa eben soweit als die sechste Gruppe links von β liegt, eine schwach helle Linie, zu dunkel um sie zu messen. Dann folgt ungefähr bei 65° 20' ein an beiden Seiten von zwei schön schattirten hellen Bändern begränztes schwach blaues Feld und hinter diesem nach einem ganz dunklen Zwischenraume, der etwa halb so breit ist, als das eben erwähnte Feld, ein sehr schwaches Feld von beträchtlicher Breite; zuweilen erscheint noch in der Gegend von H γ bei 67° 10' ein schwacher Schein.

Dieses Spectrum tritt jedesmal dann auf, wenn das Gas in der Röhre die äusserste mit der Sprengel'schen Pumpe erreichbare Verdünnung hat. Der Widerstand in der Röhre ist dann so gross, dass die positive Elektrode ganz glühend wird, sich krumm biegt und wie aus zusammengeschmolzenen Kugeln bestehend aussieht. Dass diese Deformation zugleich den Uebergang des Stromes, wie vorhin erwähnt wurde, bedeutend erschwert, ergibt sich daraus, dass nach Eintritt derselben der Strom nicht mehr von der Spitze der aus Aluminiumdraht bestehenden Elektrode ausging, sondern von der Stelle, wo sie an dem in das Glas der Röhre eingeschmolzenen Platindraht anlag, wo sich eine derartige Schmelzung nicht wahrnehmen liess.

Wenn die äusserste Verdünnung, welche das im vorigen beschriebene Spectrum liefert, längere Zeit bei geschlossenen Hähnen erhalten wird, so nimmt zuweilen das Licht der Röhre wieder eine weisse Farbe an und zeigt dann wieder das continuirliche Spectrum, es zeigt sich wieder die rothgelbe Partie, die sechs Liniengruppen verschwinden und der grüne Theil des

Spectrums erscheint wieder. Die Dichtigkeit des Gases in der Röhre ist aber nicht geändert; denn öffnet man den Hahn, der die Röhre mit der Luftpumpe in Verbindung setzt, so bleibt der Stand des Quecksilbers ganz ungeändert. Trotzdem aber ruft fortgesetztes Pumpen wieder das Linienspectrum hervor.

Ein anderes Mittel, um in dem Falle das Linienspectrum wieder hervorzurufen, ist das gleichzeitige Einschalten einer Leydner Flasche in den Kreis des Inductionsstromes. Man erhält dann in der Röhre ein brillant helles grünes Licht und die sechs Liniengruppen werden wahrhaft glänzend. Zugleich werden dadurch die zwischen den Liniengruppen liegenden Partien heller, jedoch nicht in dem Masse, dass dadurch der Charakter des Spectrums geändert wird. Hinterher zeigt die Röhre dann auch ohne Leydner Flasche dasselbe Spectrum.

Ebenso erhält man bei der äussersten Verdünnung dieses Spectrum, wenn man den Funken der Holtz'schen Maschine mit aufgelegtem Condensator durch sie hindurchgehen lässt, oder wenn man eine kleine Leydner Flasche mit geringer Schlagweite durch sie entladet. Dabei muss man sich aber hüten die Schlagweite zu gross zu nehmen, indem dann eine ganz andere Erscheinung auftritt, welche ich an einer andern Stelle besprechen werde.

In der einmal vorgerichteten Röhre habe ich dieses Spectrum während 14 Tagen mehrfach beobachtet und mit andern verglichen, so vortrefflich dicht hielten die Glashähne des Herrn Geissler.

6.

Die beobachtete Erscheinung, dass der Wasserstoff bei der äussersten Verdünnung noch ein drittes, von den frühern wesentlich verschiedenes Spectrum liefert, ist eine so auffallende, dass man sich die Frage vorlegen musste, ob dieses Spectrum denn in der That dem reinen Wasserstoff angehört, ob es nicht etwa den andern, mit der Röhre in Verbindung stehenden Elementen angehört. Man könnte glauben, dass es ein Spectrum des Aluminium wäre, aus dem die Elektroden der Röhre bestanden, oder des Quecksilbers, von welchem etwa Dämpfe in die Röhre hinüberdestillirt wären, oder von Phosphor oder Schwefel, da das Gas mit Phosphorsäure und Schwefelsäure getrocknet war, oder schliesslich dass von dem Fett, mit

welchem die Hähne leicht bestrichen waren, etwas verdampft und in die Röhre gekommen sei, somit, dass die Linien zum Spectrum des Kohlenstoffs gehören.

Was zunächst den Kohlenstoff angeht, so zeigt die Beschreibung, welche Herr Plücker von den Spectren dieses Elements gibt¹⁾, dass in denselben keine Liniengruppen der beschriebenen Art vorkommen, und bei einer Untersuchung dieses Spectrums in einer mit Kohlensäure gefüllten Röhre fanden wir das Spectrum von derselben charakteristischen Beschaffenheit, welche Herr Plücker beschreibt.

In Bezug auf das Schwefelsäurespectrum gibt Herr Plücker²⁾ an, dass dasselbe eines der schönsten und farbenreichsten Spectren sei, welches aus hellen Lichtstreifen auf schwarzem Grunde bestehe, und zählt dann 3 rothe, 1 orangen, 1 gelben, 4 grüne, 9 blaue und violette Streifen auf. Zugleich gibt er an, dass man dieses Spectrum bei Anwendung wasserfreier Schwefelsäure nur mit dem grossen Inductionsapparat erhalten könne. Alles das beweist, dass das beschriebene Spectrum nicht von Schwefelsäure herrühren kann, selbst wenn man annehmen wollte, dass mit dem Wasserstoff etwas Schwefelsäuredampf in das Rohr eingetreten wäre.

Mit dem Phosphor- oder Quecksilberspectrum ist das beschriebene, wie sich aus den Beschreibungen des Herrn Plücker ergibt, und wie wir uns durch Versuche überzeugten, gar nicht zu verwechseln. Phosphor zeigt im grün nur eine etwa 8' breite Gruppe heller Linien, deren brechbarste im Minimum der Ablenkung bei $63^{\circ} 38'$ liegt. Das Quecksilberspectrum besteht aus einer Reihe von Streifen, von denen ein gelber besonders charakteristisch ist; zudem bildet sich dieses Spectrum in einer Röhre, welche selbst metallisches Quecksilber enthält, erst wenn die Röhre beträchtlich erhitzt ist.

Um das beobachtete Spectrum mit dem des Aluminium zu vergleichen, wurden an die Enden der zum Inductionsapparate führenden Drähte Aluminiumdrähte befestigt und zwischen diese, die vor dem Spalt des Spectrometers aufgestellt waren, der Inductionsfunke überspringen gelassen. Dabei ergab sich dann, dass je nach dem Abstände der Elektroden der Aluminiumdampf zwei wesentlich verschiedene Spectra haben konnte. War der Abstand der Elektroden nur etwa 2 Mm., so bestand das Spectrum aus vier grünen

1) Plücker, Philosophical Transactions for 1865.

2) Plücker, Poggendorffs Annalen Bd. 113.

prächtigt schattirten Feldern, wie sie auf der Tafel, nach der von Herrn Dr. Bettendorff entworfenen Zeichnung, das Spectrum Al I gibt. Die Felder sind an der brechbareren Seite am hellsten und nehmen nach der weniger brechbaren Seite ganz allmählich ab, die scharfen hellen Linien bewirken, dass die Felder ganz den Eindruck von Cannelirungen machen. Die rechte Grenze dieser Felder fand sich im Minimum der Ablenkung bei

1. Cannelirung . . .	63° 24' 10"	Abstand
2. " . . .	64° 10' 20"	0° 46' 10"
3. " . . .	64° 54' 40"	0° 44' 20"
4. " . . .	65 40' 00"	0° 45' 20".

Die gemessenen Abstände der Felder resp. ihrer rechten Grenzen finden sich so nahe gleich, dass man die Differenzen derselben, da die Einstellung auf die Grenze doch nicht ganz scharf ist, als Beobachtungsfehler ansehen darf. Die Breite der Felder ist etwa 30', so dass also dieses Spectrum des Aluminium aus vier äquidistanten ungefähr gleich breiten Cannelirungen besteht.

Wurde der Abstand der beiden Drähte, zwischen denen die Funken übersprangen, auf 10 Mm. und mehr vergrößert, so zeigte sich sowohl bei Anwendung des kleinen Ruhmkorff, als auch bei Anwendung der Holtz'schen Maschine mit aufgelegtem Condensator ein ganz anderes Spectrum; die vier Cannelirungen verschwanden und statt dessen traten auf einem schwach beleuchteten Hintergrunde eine Anzahl heller Linien und Liniengruppen hervor, wie sie auf der Tafel das Spectrum Al_{II} wiedergibt. Im Minimum der Ablenkung lagen diese Linien bei

1. schöne helle Doppellinie	62° 42'
2. Lage der ersten von drei schwachen Linien, von denen die zweite näher bei der ersten als bei der dritten liegt . . .	63° 0'
3. ein heller Streifen	63° 51'
4. helle Linie	64° 17'
5. heller Streifen	64° 22'
6. schwach helle Linie	65° 5'
7. mittelste hellste einer ganzen Gruppe von Linien	65° 47'
8. helle Linie	66° 41'
9. schwach helle Linie	66° 47'.

Die beiden Aluminiumspectra verhalten sich ganz zu einander wie die Spectra erster und zweiter Ordnung, welche die H.H. Plücker und Hittorf für Stickstoff, Schwefel etc. dargestellt haben; die Entstehung des zweiten bei grösserer Schlagweite und Anwendung der Holtz'schen Maschine mit aufgelegtem Condensator beweist, dass dasselbe der höhern Temperatur angehört.

Eine Vergleichung dieses zweiten Aluminiumspectrum mit dem in §. 5 beschriebenen Wasserstoffspectrum, oder ein Blick auf die Tafel, wo die beiden Spectra H_{III} und Al_{II} untereinander gestellt sind, beweist, dass dieselben ganz verschieden sind. Man muss deshalb annehmen, dass das Spectrum H_{III} dem Wasserstoff eigenthümlich ist.

7.

Die im vorigen beschriebenen Spectra des Wasserstoffs sind wesentlich verschiedene, sie gehen nicht das eine aus dem andern hervor, indem etwa bei gesteigerter Temperatur immer neue Linien oder Farben auftreten, sondern es verschwinden Lichtmengen, die bei niedrigerer Temperatur vorhanden sind, oder es treten an einer vorher continuirlich beleuchteten Stelle in höherer Temperatur helle Linien auf fast dunklem Grunde hervor. Denn das kann nach der Entstehungsweise der Spectra keinem Zweifel unterliegen, dass das continuirliche Spectrum der niedrigsten Temperatur entspricht, da sowohl das aus den drei Linien als das aus den sechs Liniengruppen bestehende Spectrum an die Stelle des continuirlichen tritt, wenn man durch das Gas die Entladungen einer Leydner Flasche führt, durch welche jedenfalls eine viel stärkere Erhitzung entsteht, als durch die einfache Entladung des Inductionsstromes. Allerdings können diese Spectra auch durch den einfachen Inductionsstrom entstehen, aber dann nur unter Umständen, welche einer solchen Steigerung der Temperatur günstig sind, das erste Spectrum entsteht, wenn das Gas eine solche Dichtigkeit hat, dass der Strom sich am besten und vollständigsten entwickelt, das Sechs-Gruppen-Spectrum, wenn nur minimale Gasmengen noch zur Leitung vorhanden sind, welche dann ebenso auf die höchste Temperatur gesteigert werden, wie die von den Kohlenspitzen losgerissenen Theilchen im elektrischen Lichtbogen.

Diese Verschiedenheit der Temperatur muss beim Wasserstoff als die

einzigste Ursache dieser Erscheinung angesehen werden, denn an eine etwaige Zerfällung desselben in weitere Bestandtheile kann doch bei diesem Elemente nicht gedacht werden. Dann folgt aber aus diesen Beobachtungen, dass das Emissionsvermögen einer Substanz mit der Temperatur sich wesentlich ändern kann¹⁾.

1) Ich bemerke, dass ich auch für den Sauerstoff bereits drei ebenso verschiedene Spectra beobachtet habe; der mir hier verstattete Raum erlaubt mir indess nicht auch diese Versuche hier zu beschreiben.

Ueber die Grenzen des Empfindungsvermögens und des Willens.

Von
(H. Preyer) William
Dr. W. Preyer.

Die Frage, wie schnell ein Reiz sich wiederholen kann, ohne dass die ihm entsprechende Empfindung continuirlich wird, ist zwar für zwei Sinne, das Gesicht und das Gehör, experimentell in Angriff genommen worden, aber die bisherigen Ergebnisse stehen vereinzelt da und so blieb eine merkwürdige physiologische Thatsache gänzlich unerkannt.

Um die Dauer des Lichteindrucks auf das Auge zu finden, sind von mehreren Forschern schwarz und weiss gezeichnete und farbige rotirende Scheiben mit bekannter und veränderlicher Umlaufgeschwindigkeit verwendet worden. Derartige Versuche zeigen, wie oft in einer gewissen Zeit, z. B. in einer Secunde ¹⁾, eine ungleichmässige Scheibe sich umdrehen muss, damit sie vollkommen gleichmässig erscheint, das heisst, wie oft der Lichtreiz ein und denselben Ort passirt, wenn die Intermissionen gerade eine continuirliche Empfindung hervorrufen.

Helmholtz²⁾ fand bei einer vom stärksten Lampenlicht beleuchteten, in gleich breite schwarze und weisse Sektoren getheilten Scheibe die Dauer des Vorübergangs eines weissen und schwarzen Sectors, wenn alles Flimmern aufhörte, gleich $\frac{1}{16}$ Secunde und im Lichte des Vollmonds, also bei sehr schwacher Beleuchtung, gleich $\frac{1}{16}$ Secunde. Demnach bedingen unter den günstigeren Umständen 24 Lichteindrücke in der Secunde gerade eine continuirliche Empfindung.

1) Alle in dieser Mittheilung vorkommenden Secunden sind Sexagesimalsecunden.

2) Handbuch der physiologischen Optik, Leipzig 1867, S. 344.

Viel höhere Zahlen erhielt bei gewöhnlichem Tageslicht Plateau¹⁾. Eine in 12 weisse und 12 gleich grosse schwarze Sektoren getheilte Scheibe erschien gleichmässig grau, wenn jede ihrer Umdrehungen 0,182 bis 0,198 Secunde dauerte, so dass erst bei 60 bis 66 Lichteindrücken in der Secunde Continuität eintreten würde. Bei Anwendung farbiger Sektoren sind weniger erforderlich. Die Grenzwerte der 12 Versuche von Plateau sind 37,1 (Blau) und 62,5 (Gelb) Reize in einer Secunde. Diese Zahlen haben jedoch, weil sie mit zu vielen Fehlerquellen umgeben und aus einer zu geringen Zahl von Versuchen abgeleitet sind, wie der Verfasser selbst sagt, nur einen relativen Werth. Emsmann²⁾ wiederholte Plateau's Versuche nach einer zwar rücksichtlich des zum Rotiren benutzten Räderwerks etwas abweichenden, im Wesentlichen aber durchaus ähnlichen, nur offenbar genaueren Methode. Er fand denn auch Werthe, welche mit denen anderer Forscher besser übereinstimmen, nämlich für eine kreisrunde weisse Scheibe, aus der 12 Sektoren so ausgeschnitten waren, dass sie mit den stehengebliebenen gleiche Breite hatten, und welche vor einer schwarzen Sammtfläche rotirte, die Umlaufszeit 0,55 Secunde. Dies entspricht 21,8 Lichteindrücken in einer Secunde. Emsmann bemerkt ausdrücklich den Resultaten Plateau's gegenüber, er habe das Minimum der Umdrehungszeit zu ermitteln für nöthig gehalten. Dagegen fehlt hier die Angabe, ob die Versuche bei Tages- oder Lampenlicht angestellt wurden.

Brücke³⁾ fand im hellen Tageslicht beim Betrachten rotirender Scheiben, welche in schwarze und weisse Felder getheilt waren, einen von der Umdrehungsgeschwindigkeit abhängigen Unterschied in der Helligkeit, so zwar, dass ein Maximum derselben eintrat bei 17,4 Lichteindrücken⁴⁾ in der Secunde. Diese Zahl beträgt etwas mehr als die Hälfte von derjenigen, welche für Brücke's Auge erforderlich war, um jede Spur der Unterbrechungen vollständig auszulöschen. Wir schliessen hieraus, eine etwas geringere als eine 34,8malige⁵⁾ Wiederholung des Reizes in einer Secunde habe eine continuirliche Wirkung hervorgerufen.

1) Ueber einige Eigenschaften der vom Lichte auf das Gesichtsorgan hervorgebrachten Eindrücke. Poggendorffs Annalen XX, Leipzig 1830, S. 313.

2) Ueber die Dauer des Lichteindrucks. Ebenda XCI, Leipzig 1854, S. 611—618.

3) Ueber den Nutzeffect intermittirender Netzhautreizungen. Sitzungsberichte der Akademie der Wissensch. in Wien XLIX, 21. Jan. 1864.

4) Dies ist das Mittel aus 12 Versuchen, deren Ergebnisse zwischen 15,36 und 18,43 liegen.

5) Das Minimum ist 30,7 und das Maximum 36,8.

Ich selbst habe sehr zahlreiche Versuche angestellt, um für mein Auge die Grenze zu finden. Es dienten mir dazu zwei ungleich grosse, durch eine Rolle und Schnur ohne Ende verbundene Scheiben, von denen die grössere, hölzerne, mit einer Kurbel versehen ist, so dass sie mit der Hand willkürlich in Rotation versetzt werden kann. Bei einem vollständigen Umlaufe des Kurbelrades dreht die kleinere Scheibe von Messing sich 11,5mal um. Die aus dem Verhältnisse der Peripherien berechnete Umdrehungszahl fällt etwas grösser aus wegen des unvermeidlichen Schleifens der Schnur. Mit diesem Fehler sind beiläufig bemerkt die eben angeführten Zahlen Brücke's behaftet. Sie sind also ein wenig zu gross. Ich benutzte nur das stets direct ermittelte Rotationsverhältniss. Das Verfahren bei derartigen Versuchen ist sehr einfach. Auf die kleine horizontale Messingscheibe wird unverrückbar fest das als Lichtreiz dienende Object gebracht, mit einer Secundenuhr die Zahl der Umdrehungen des Kurbelrades in einer Minute gefunden und für jede Rotationsgeschwindigkeit notirt, ob die Empfindung discontinuirlich oder continuirlich ist. Hat man gefunden, wann gerade Continuität eintritt, so erhält man die Zahl der dazu in einer Secunde erforderlichen Lichteindrücke durch Multiplication der Kurbelradumdrehungen in der Minute mit 11,5, Division des Products durch 60 und Multiplication des Quotienten mit der Anzahl der auf der beobachteten Scheibe vorhandenen weissen Sektoren. Die Versuche ergaben bei sehr starkem Lampenlicht nahezu dasselbe Resultat wie im Tageslicht und ich fand an verschiedenen Tagen keine sicheren Unterschiede, sondern stets Zahlen, welche in folgende Tabelle sich einordnen lassen.

Zahl der Lichteindrücke
in einer Secunde.

1 bis 17	discontinuirlich,
18,1	desgl.
23,1	desgl.
24,8	desgl.
27,6	desgl.
28,7	desgl.
30,0	noch deutliches Flimmern,
31,4	desgl.
32,8	desgl.
34,5	fast schon continuirlich, unterbrochenes Flimmern,
36,3	continuirlich, sehr seltenes Flimmern,
38,3	continuirlich grau ohne Flimmern,
39 bis 69	desgl.

Diese Versuche wurden mit einer Scheibe von 19,2 Centimeter Durchmesser angestellt, welche in sechs weisse und ebensoviele gleich grosse schwarze Sektoren getheilt war. Hier ist 34,5 die Grenze. Eine 16,5 Centimeter im Durchmesser haltende in 12 weisse und 12 gleich grosse schwarze Sektoren getheilte Scheibe ergab bei hellem Tageslicht fast dasselbe Resultat. Ich hebe einige Zahlen heraus.

1 bis 24	discontinuirlich,
25,5	desgl.
27,6	desgl.
31,3	desgl.
32,9	desgl.
34,5	deutliches ununterbrochenes Flimmern,
35,2	fast continuirlich, Flimmern selten,
36,3	gleichmässig grau, kein Flimmern,
39,6	desgl.
40 bis 400	desgl.

Hier liegt die Grenze bei 35,2 Lichteindrücken in der Secunde. Offenbar ist diese Zahl, wie alle mit rotirenden Scheiben erhaltenen, aus mehreren Gründen fehlerhaft. Erstens bemerkt man bekanntlich auch dann, wenn der Sector viel öfter als 30 bis 40mal in der Secunde wiederkehrt, zwar kein Flimmern, aber von Zeit zu Zeit ein Aufblitzen einzelner Sektoren oder Sektorenstücke. Ich und alle anderen, welche ich darauf aufmerksam machte, sahen dieses Aufblitzen constant auftreten, wenn der Blick von der rotirenden Scheibe zeitweilig abgewendet oder wenn der Kopf schnell seitlich hin- und herbewegt wurde, wogegen es sehr selten eintrat oder ganz aufhörte beim Fixiren eines einzelnen Punctes auf der rotirenden Fläche. Das Aufblitzen erklärt sich demnach am einfachsten durch die Annahme, jene Bewegungen des Auges seien einer momentanen Beleuchtung äquivalent, indem vorher nicht gereizte Netzhauttheile eine überaus kurze Zeit gereizt werden, so dass die gesehenen Felder still zu stehen scheinen. Von dieser Störung kann man sich jedoch frei halten. Sehr viel schwieriger ist es die letzte Spur von Flimmern wahrzunehmen. Auch wenn der Reiz sich 3 bis 400mal in der Secunde wiederholt, sehe ich zwar die Scheibe gleichmässig grau, aber ich sehe zugleich, dass sie nicht ruht. Dies erklärt sich, wenn man bedenkt, dass die Scheibe weder ganz genau gezeichnet, noch absolut plan und dass die Rotation nicht vollkommen gleichmässig ist, sondern Erschütterungen herbeiführt. Je langsamer sie vor sich geht, um so mehr fallen

diese kleinen Ungleichmässigkeiten in's Gewicht, aber auch bei der schnellsten Umdrehung schwinden sie nicht ganz. Endlich kommt noch neben der Schwierigkeit, einen Punct längere Zeit zu fixiren und genau dieselbe Entfernung zwischen Auge und Object innezuhalten, die sehr störende Einwirkung der Nachbilder hinzu. Wenn im schnellen Vorübergang ein weisser Sector einen Eindruck auf die Netzhaut gemacht hat, entsteht leicht ein Nachbild, welches noch vorhanden ist bei der Ankunft des folgenden weissen Sectors, und wenn das Bild dieses letzteren das Nachbild nicht vollkommen deckt, so muss ein Flimmern entstehen, welches die continuirliche Empfindung stört. Alle diese Fehler beeinflussen das Endresultat in demselben Sinne, sie lassen es zu gross erscheinen. Ich erhoffte ein besseres Ergebniss, indem ich zwischen das Auge und die rotirende Scheibe einen Schirm mit einer kleinen Oeffnung brachte, fand aber dann das Flimmern nicht vermindert und beim Hin- und Herbewegen des Schirmes zeigte sich die Erscheinung, dass die Sektoren, auch wenn sie mehrere hundertmal in der Secunde wiederkehrten, doch getrennt sichtbar wurden und zwar waren die schwarzen weniger dunkel, die weissen weniger hell als in der Ruhe und die Grenzen beider verwaschen, beide überdies in wechselnder Zahl. Auch schien bei nicht zu schnellem Hin- und Herschieben des Schirms die Scheibe sich ruckweise umzudrehen, eine Täuschung, die sofort aufhörte, wenn der Schirm stillstand. Liess ich mit der horizontalen Scheibe einen oder zwei gegenüberstehende verticale gefensterter Schirme rotiren, so erschienen die Sektoren auch bei der grössten Geschwindigkeit ruhend, wenn sie durch die Oeffnung gesehen wurden. Die ganze Erscheinung erklärt sich gleichfalls durch die kurze Dauer der Beleuchtung und ist vielleicht praktisch verwerthbar, um auf der Oberfläche schnell rotirender Körper Unterschiede zu erkennen.

In der Meinung, es sei die Zahl der Sektoren bei den von mir angewendeten Scheiben zu gross, um richtige Resultate zu geben, stellte ich ferner Versuche mit schwarzen Scheiben an, die nur einen oder zwei schmale weisse Sektoren hatten. Aber auch dieses führte nicht zum Ziele. Beim Einschalten eines beweglichen Schirmes mit einer Oeffnung sah ich hierbei den Sector vervielfältigt und verbreitert, was sich von selbst erklärt.

Um die vorhin genannten Fehler auszuschliessen verfiel ich endlich darauf, den Lichtreiz, der sich oft wiederholen soll, erst in dem Augenblick entstehen zu lassen, in welchem er zu wirken bestimmt ist. Hierzu diente ein kleiner rotirender Spiegel, in dem eine in ein paar Meter Entfernung

ruhig brennende Flamme sich abbildete, sowie er einen gewissen Punct der Kreisbahn erreichte, während an allen anderen Puncten desselben keine Spiegelung eintrat. War nun die Rotation eine sehr langsame, so erschien das Flammenbildchen und verschwand abwechselnd, nahm sie zu, so blieb zwar das Bild bestehen, war aber verwaschen und zitternd. Ich suchte nun diejenige Umlaufgeschwindigkeit zu ermitteln, bei welcher das Bild gerade scharf begrenzt und nicht mehr flackernd erschien. Hier zeigte sich, was ich erwartet hatte. Das Flammenbild war vollkommen scharf begrenzt und ruhig, wenn die Umlaufgeschwindigkeit noch lange nicht die der rotirenden Sektoren betrug. Schon bei 19,2maliger Wiederkehr des Bildes in einer Secunde wurden die Ränder scharf, bei 23 Umdrehungen ist das Zittern sehr schwach, bei 27,4 äusserst schwach, bei 28,7 und 29,1 hört es ganz auf oder ist wenigstens nicht merklich stärker als im ruhenden Spiegelbild; bei 30,6 und 32,8 Umläufen des Spiegels in der Secunde ist die Continuität nicht grösser. Der einzige Unterschied zwischen dem Flammenbilde im ruhenden und dem im rotirenden Spiegelchen zeigt sich in der Grösse und Helligkeit; letzteres ist etwas kleiner und weniger hell, weil bei der Reflexion die Intensität des Lichtes und dadurch die Irradiation vermindert wird. Es versteht sich von selbst, dass bei diesen Versuchen, wie bei denen mit rotirenden Scheiben, die ruhenden Theile der Apparate durchaus unbeweglich feststehen müssen. Man schraube sie an den Boden, damit sie beim Rotiren nicht erschüttert werden. Die Flamme muss einen dunklen Hintergrund, am besten von schwarzem Sammt, haben und man operirt in einem Raume, dessen einzige Lichtquelle die zu beobachtende Flamme ist. Der Spiegel endlich darf nicht merklich grösser als die Flamme selbst sein. Die auf solche Art gefundenen Grenzwerte (29,1) stimmen auffallend überein mit der Beobachtung von Lissajous¹⁾, derzufolge ein mit einer Stimmgabel schwingender Lichtpunct eine continuirliche Curve beschreibt, wenn er nicht mehr als $\frac{1}{4}$ Secunde dazu braucht. Hiernach durchläuft er 30mal in einer Secunde seine Bahn ohne Continuitätstrennung, bei langsamerer Bewegung aber erscheint die leuchtende Curve unterbrochen und zitternd.

Zum Bestimmen der in einer gewissen Zeit möglichen einfachen Gesichtswahrnehmungen eignet sich besonders gut das Lesen gedruckter Schrift,

1) Mémoire sur l'étude optique des mouvements vibratoires. Annales de chimie et de physique LI (3), p. 182. Paris 1857.

weil wir darin eine sehr grosse Uebung besitzen. Valentin¹⁾ fand, dass er zum Sehen eines einzelnen Buchstaben beim möglichst schnellen Lesen einer Zeile grösseren Druckes seines Lehrbuches im Minimum 2,34, im Maximum 4,21 Tertien brauchte. Das eine entspricht 25,6, das andere 14,2 Eindrücken in der Secunde. Beim Durchlesen einer absatzfreien Seite grösseren Druckes mit 2629 Lettern ergaben sich für jedes Zeichen durchschnittlich 2,10 Tertien, das ist 28,5 Eindrücke in der Secunde. Beim Lesen des kleineren Druckes desselben Werkes fand der genannte Forscher bei 3944 Buchstaben und Interpunctuationszeichen für jeden 2,01 Tertien, also 29,8 gesonderte Eindrücke in der Secunde. Ich finde beim möglichst schnellen Lesen des grösseren Druckes jener Schrift in hellem Tageslicht 376 Typen in 12 Secunden, also 31,3 in einer. Der kleinere Druck gibt mir 30,2, nämlich 605 in 20 Secunden. Etwas niedrigere Zahlen erhalte ich bei Lampenlicht, nämlich im günstigsten Falle 26,8, meistens aber 22 bis 25 in einer Secunde. Wie gross der Einfluss der Uebung hierbei ist, zeigten Versuche, mir weniger geläufige Sprachen möglichst schnell zu lesen. Französisch gab 22 bis 23 in einer Secunde, Italienisch, Holländisch und Dänisch viel weniger, Altgriechisch im besten Falle 15,4. Doch brachte ich es in dem mir geläufigeren Englisch auf 28,7.

Derartige Leseproben können indessen kein genaues Mass abgeben für die Zeitdauer einer Perception oder die Menge einzelner Wahrnehmungen in bestimmter Zeit, weil einerseits beim schnellen Lesen mehrere Buchstaben gleichzeitig wahrgenommen werden, wodurch die gemessene Zeit zu kurz oder die Zahl der Eindrücke zu gross gefunden wird und weil andererseits beim Ueberspringen des Blickes vom Ende einer Zeile zum Anfang der folgenden gar keine Buchstaben gesehen werden, wodurch die gemessene Zeit zu lang oder die Zahl der möglichen Eindrücke zu klein wird. Wenn auch diese beiden Fehler das Endresultat in entgegengesetztem Sinne beeinflussen, so ist doch zu wenig über ihre wahre Grösse bekannt, als dass man eine annähernd vollständige Compensation annehmen dürfte. Der Umstand jedoch, dass die unter den günstigeren Umständen erhaltenen Werthe übereinstimmen mit der auf ganz andere Weise gefundenen Grenzzahl für Gesichtswahrnehmungen lässt vermuthen, dass in der That die Fehler sich nahezu wegheben und daher habe ich auch die Leseversuche mit den anderen angeführt.

1) Lehrbuch der Physiologie des Menschen II, S. 471. Braunschweig 1844.

Als ich Hrn. Dr. Rieth hier von diesen Untersuchungen mündlich erzählte, theilte er mir mit, vor einiger Zeit habe er gemeinschaftlich mit seinem Bruder Versuche angestellt um zu ermitteln, wieviele gleichartige gleichzeitig vorhandene Objecte mit einem nicht länger als eine Secunde dauernden Blick aufgefasst und dann nachträglich gesondert wahrgenommen werden können. Er benutzte zu dem Zwecke Stecknadeln, welche, in unbekannter Zahl auf ein Papier gebracht, eine Secunde lang angesehen und dann mit geschlossenen oder abgewandten Augen nachträglich gezählt wurden. Anfangs war die zählbare Menge sehr klein. Durch Uebung aber stieg sie auf 30. Mehr als 30 Nadeln konnten jedoch auch bei anhaltender Uebung nicht in dieser Weise nachträglich unterschieden werden.

Ich habe solche Versuche gleichfalls angestellt und zählte bei den ersten 104, wobei sehr dünne kleinköpfige Insectennadeln verwendet wurden, 50mal richtig, 54mal unrichtig. Die Fehler waren aber 27mal sehr klein (eine einzelne Nadel 5mal zu viel, 22mal zu wenig gezählt) und überstiegen selten 3. Es gelang mir hierbei nicht immer 10 und nur einmal 15 Nadeln richtig zu zählen. Darauf folgten 29 Zählungsversuche mit Zündhölzchen; das Resultat war schon viel günstiger: 21mal richtig, 8mal unrichtig. Hierbei wurden 6 (die kleinste angewandte Menge) bis 10 stets richtig gezählt, bei 14 bis 16 kleine Fehler begangen. Noch besser fiel die dritte Reihe von 46 mit Schrot angestellten Versuchen aus. Hier überstieg der Fehler selbst bei 26 Körnern nicht 2, bei 27 nicht 3. Die Fehler fingen überhaupt erst bei 12 an; 19 und 20 wurden mehrmals richtig gezählt und ich zweifle nicht, dass bei fortgesetzter Uebung die Zahl der mit einem Fehler von 1 zählbaren Eindrücke bis nahe an 30 steigen würde. Da aber die Versuche in hohem Grade ermüdend sind, so habe ich sie nicht weiter verfolgt. Zu bemerken ist, dass nicht etwa die innerhalb einer Secunde erblickten Gegenstände im Nachbild gezählt werden, sondern sie werden in der Erinnerung gezählt, indem den einzelnen durch die gemeinschaftlich erblickten Objecte bedingten Sehnerven-erregungen nachträglich die Aufmerksamkeit zu Theil wird. Ich habe auch versucht die Eindrücke im Nachbild zu zählen, aber es gelang mir überhaupt nicht in der gegebenen Zeit ein deutliches Nachbild zu erzeugen. Das nachträgliche Zählen mit geschlossenen oder abgewendeten Augen dauert oft mehr als eine Minute.

Verwendet man zu diesen Versuchen Spielkarten, z. B. mehreren Spielen entnommene Herzkarten, und legt sie nacheinander zu 2, 3, 4, 5, 6 mit ge-

geschlossenen Augen vor sich auf den Tisch, so gelingt es die mit einem secondslangen Blick gemeinschaftlich aufgefassten Herzen auch dann noch richtig nachträglich zu zählen, wenn ihre Zahl 30 erheblich übersteigt. Ich zweifle nicht, dass geübte Kartenspieler es noch viel weiter bringen. Aber solche Zählungen sind den früheren nicht gleichzustellen, weil es nicht die einzelnen Herzen, sondern die Karten sind, welche man wahrnimmt und erst wenn sich die Bilder der Karten eingeprägt haben, sucht man im Gedächtniss nach: welcher Zahl entspricht dieses, welcher jenes erblickte Kartenbild? Darauf werden erst die gefundenen Zahlen addirt. Bei den anderen Versuchen hingegen wird ohne Beziehung auf frühere Erinnerungen lediglich jedes einzelne Schrotkorn, jede Nadel gezählt. Daher die grösseren Fehler. Die Karte stellt gleichsam das Symbol einer Zahl, eine Ziffer dar. Ebenso wenig wie der Anblick der Ziffer 9 neun einzelne Gesichtswahrnehmungen herbeiführt, finden sie beim Anblick der Karte Herz neun statt, sondern die Figur :: ist es, welche gemerkt wird. Gerade so bei Dominosteinen.

Viel niedrigere Werthe als die bisher angeführten erhält man, wenn stark leuchtende Körper, z. B. glühende Kohlen, schnell hintereinander am Auge vorbeigeführt werden. Eine im Tageslicht bei bedecktem Himmel mit einem Radius von 27,7 Centimeter rotirende sehr hell glühende Kohle bildete einen continuirlichen feurigen Kreis für mein Auge, wenn sie 6,76 Umdrehungen in der Secunde vollführte; sie erschien bei 5,2, bei 5,7 und bei 6,0 Umläufen discontinuirlich, in einem ganz dunklen Raume hingegen ceteris paribus schon bei 4,1, ja bei 3,8maliger Wiederkehr in einer Secunde continuirlich. Der Unterschied beruht offenbar auf der im Dunkeln erhöhten Erregbarkeit der Netzhaut. Die Versuche sind am elegantesten mit glimmender Sprengkohle anzustellen. Glühende Steinkohlen werden sehr schnell abgekühlt und ausgelöscht. Phosphor hört beim Umschwingen sofort auf zu leuchten, vermuthlich wegen der abwechselnden Compression und Verdünnung der Luft.

Ersetzt man die glühende Kohle durch weniger helle, nicht selbstleuchtende Gegenstände, so müssen diese schneller umlaufen. Eine auf unbewegtem schwarzen Grunde rotirende weisse Vogelfeder machte mir im hellen Tageslicht einen durchaus continuirlichen Eindruck bei 15,3 Umläufen in der Secunde. Sinkt aber die Lichtstärke des rotirenden Körpers sehr erheblich, dann bedarf es wieder weniger Umdrehungen um Continuität zu bewirken. In der Dämmerung erscheint eine in schwarze und weisse Sectoren getheilte

Scheibe bei äusserst langsamer Rotation schon gleichmässig, im Vollmondslicht bei 10maliger Wiederkehr des Reizes, wie schon angeführt wurde.

Es lässt sich jedoch aus solchen Versuchen ohne photometrische Bestimmungen selbstverständlich nicht ermitteln, was für eine Function der Lichtstärke die Dauer des Eindrucks ist.

Wir sehen, dass bei sehr starker Beleuchtung ebensowohl wie bei sehr schwacher die Dauer des Eindrucks bedeutend zunimmt. Uns kommt es aber nur auf gerade diejenige Lichtstärke an, bei welcher die discontinuirlich in einer Secunde wahrnehmbaren Reize am zahlreichsten sind. Wir müssen uns also von beiden Extremen fern halten und berücksichtigen nur diejenigen Versuche, bei welchen der stärkste Reiz die geringste Wirkung ausübte, welche also unter den günstigsten Umständen angestellt wurden. Wir suchen die Fälle aus, bei denen der Lichtreiz am häufigsten wiederholt werden musste, um Continuität zu bewirken oder, was dasselbe ist, bei denen die Dauer des Lichteindrucks eines einzigen Reizes am kürzesten war.

Sichten wir mit dieser Einschränkung die für das Auge erhaltenen Grenzwerte. Es kann die Zahl der Reize, welche noch eine discontinuirliche Empfindung erzeugen, betragen unter den günstigsten Umständen in einer Secunde

für rotirende weisse Sektoren	{	< 34,8 (S. 24)
		34,5 (S. 26)
		35,2 (S. 26)
für Bilder im rotirenden Spiegel	{	28,7 (S. 28)
		29,1 (S. 28)
für schwingende Lichtpunkte	<	30,0 (S. 28)
		28,5 (S. 29)
für gelesene Buchstaben	{	29,8 (S. 29)
		31,3 (S. 29)
		30,2 (S. 29)
		28,7 (S. 29)
für ruhende Punkte		30,0 (S. 30).

Da die meisten von diesen äussersten Grenzwerten entweder das identische Ergebniss vieler Einzelversuche oder Mittel aus nahe übereinstimmenden gleichartigen Beobachtungen sind, so hat, wenn auch die fünf Reizungsarten nicht genau denselben psychischen Process bedingen, doch das Gesamtmittel einige Bedeutung. Es beträgt 30,9. Diese Zahl bezeichnet also die mittlere Grenze der unter den günstigsten Umständen innerhalb einer Secunde ohne

ganz continuirliche Wirkung wahrnehmbaren Lichtreize. Die kürzeste Dauer eines Lichteindrucks ist demnach nahezu $\frac{1}{10}$ Secunde. Hieraus folgt natürlich nicht, dass auch der Reiz mindestens $\frac{1}{10}$ Secunde dauern müsse. Schon die Wahrnehmbarkeit des elektrischen Funkens und der Sternschnuppen widerlegt eine solche Meinung, welche auch dadurch keine Stütze erhält, dass man die den Lauf des Gewehres mit einer Geschwindigkeit von 1076 Fuss in der Secunde verlassende Kugel nicht sieht. Wäre sie selbstleuchtend, so würde man sie sehen.

Es ist ferner durchaus unstatthaft zu folgern, weil die kürzeste Dauer eines Lichteindrucks $\frac{1}{10}$ Secunde sei, könne das Auge kleinere Zeitunterschiede nicht wahrnehmen oder so wären zwei gleichartige Bewegungen, von denen die eine sich 30-, die andere sich 29mal in der Secunde wiederholt, zwar unterscheidbar, nicht aber solche, bei denen das Verhältniss der Einheit erheblich mehr genähert ist. Ich will, um einem solchen Irrthum vorzubeugen, beweisen, dass das Auge viel feinere Unterschiede erkennen kann, nämlich zwei schwingende Bewegungen, deren Schwingungszahlen sich wie 1000 zu 1001 verhalten.

Helmholtz¹⁾ hat, um zu ermitteln ob regelmässige Verhältnisse zwischen den Wellenlängen der einfachen complementären Farben bestehen, für mehrere complementäre Farbenpaare die Wellenlängen bestimmt und für ein gewisses Gelb (Complementärfarbe Indigblau) die Wellenlänge zu 0,00002085, die von Grüngelb (Complementärfarbe Violett) zu 0,00002082 Pariser Zoll gefunden. Hier beträgt das Verhältniss der Schwingungszahlen des gelben und grüngelben Lichtes $\frac{1000}{1001}$. Da nun nicht bloss ein besonders geübtes, sondern jedes gesunde Auge ohne Weiteres unstreitig zwei Farben unterscheiden kann, welche Helmholtz grüngelb und gelb nennt, so ergiebt sich hieraus, dass das Auge einen Zeitunterschied von $\frac{1}{1000}$ Secunde mit Sicherheit sofort erkennt. Aber damit ist die Grenze keineswegs erreicht. Es sind noch keine genauen Versuche darüber veröffentlicht worden, wie weit die Empfindlichkeit unseres Auges für Farbenunterschiede geht. Man sieht aus dem vorliegenden Beispiele nur, dass wir zwei Farben bequem unterscheiden können, von denen die eine (Gelb) 549,5, die andere (Grüngelb) 550,3²⁾ Billionen Schwingungen in der Secunde zählt, aber durch Isolirung und Reini-

1) Handbuch der physiol. Optik, Lpzg. 1867, S. 277.

2) Die Fortpflanzungsgeschwindigkeit des Lichtes ist hierbei = 310177,5 Kilom. und 1 Pariser Zoll = 27,07 Millim. gesetzt.

gung der Spectralfarben nach dem Verfahren von Helmholtz¹⁾ und Bestimmung der Wellenlängen gerade noch unterscheidbarer Farben könnte man leicht die wahre Grenze ermitteln. Ich zweifle nicht, dass der Unterschied dann noch kleiner gefunden werden wird.

Die kleinen Farbenunterschiede geben uns jedoch kein Mittel an die Hand die Grenzwerte, um die es sich hier handelt, zu finden. Es ist für unsere Frage überhaupt nichts daraus ableitbar. Wir können nur constatiren, dass das Auge zwei Reihen von schwingenden Bewegungen, welche bis auf 0,001 Secunde coincidiren, zu unterscheiden im Stande ist. Keineswegs aber folgt daraus, dass man nun auch 1000mal in der Secunde erfolgende Reize discontinuirlich empfindet. Es ist das nachweislich nicht der Fall.

Die richtige Folgerung, welche aus den obigen Grenzwerten sich ergibt, ist vielmehr die, dass die geringste Zeitdauer von dem Momente der ersten Einwirkung des Lichts auf die empfindenden Theile der Netzhaut bis zum Erlöschen des gesehenen Bildes $\frac{1}{3}$ Secunde, gewöhnlich aber sehr viel mehr beträgt, somit nicht mehr als 30 bis 31 Lichteindrücke in der Secunde gesondert empfunden werden können. Wirken mehr als 30 auf das Auge, so entsteht eine continuirliche Empfindung, indem noch vor dem Erlöschen des ersten Eindrucks der zweite da ist und so fort. —

Bei der Erörterung des Grenzwertes für das Ohr, d. h. bei der Beantwortung der Frage: wievielmals kann innerhalb einer Secunde der Hörnerv von demselben Reize erregt werden, ohne dass Continuität der Empfindung eintritt? kann ich mich kürzer fassen; denn diese Aufgabe ist durch die Bestimmung der Schwingungszahl des tiefsten Tones gelöst und von Helmholtz²⁾ in seinem bahnbrechenden Buche über die Tonempfindungen eingehend behandelt worden. Zunächst zeigte Helmholtz, dass die älteren Versuche zur Ermittlung des tiefsten Tons, namentlich die von Savart fehlerhaft sind, weil die sehr störenden Obertöne nicht ausgeschlossen waren. Davon ausgehend, dass der tiefste Ton, welcher in der künstlerisch vollendeten Musik des Orchesters zur Anwendung komme, das E, des Contrabasses 41 Schwingungen in der Secunde zählt, prophezeit er dann allen Anstrengungen der neueren Technik, tiefere gut musikalische Töne hervorzubringen, Erfolglosigkeit, nicht weil es an Mitteln fehle passende Luftbewegungen zu erregen, sondern weil das menschliche Ohr seine Dienste versagt. „Das

1) Handb. d. physiol. Optik, Lpzg. 1867, §. 19.

2) Die Lehre von den Tonempfindungen, Braunschweig 1868, S. 268—271.

sechzehnfüssige C, der Orgel von 33 Schwingungen gibt allerdings“, sagt Helmholtz¹⁾, „noch eine ziemlich continuirliche Empfindung von Dröhnen, aber ohne dass man ihm einen bestimmten Werth in der musikalischen Scala zuschreiben könnte“. Hierdurch ist die Grenze für die Leistungsfähigkeit des Ohres ziemlich genau bezeichnet. Weniger als 32 Reize in der Secunde bedingen keine ganz continuirliche Empfindung. Weitere Versuche mit Saiten, welche ein Metallstück in ihrer Mitte tragen, zeigten²⁾, dass schon das D, von 37 Schwingungen nur eine sehr schwache Tonempfindung bewirkte, welche etwas Knarrendes hatte. Helmholtz schliesst, dass bei etwa 30 Schwingungen die Tonempfindung beginnt, aber erst bei 40 Schwingungen in der Secunde die Töne anfangen eine bestimmte musikalische Höhe zu bekommen. Wir können also 30 bis 32 oder 31 Schwingungen in der Secunde als Grenzwert festhalten, das heisst 31 noch so starke Lufterschütterungen in einer Secunde bedingen, wenn die Obertöne ausgeschlossen sind, keine continuirliche, keine Tonempfindung. In der That bemerkt Helmholtz³⁾ ausdrücklich: bei B,, (31 Schwingungen) sei kaum noch etwas zu hören.

Die kürzeste Dauer des Schalleindrucks auf das Ohr beträgt demnach $\frac{1}{31}$ oder 0,032 Secunde oder richtiger stets etwas mehr als $\frac{1}{31}$ Secunde, und wenn mehr als 31 Reize in der Secunde die Endigungen des Hörnerven erregen, dann fängt schon die Tonempfindung an, dann wird die Empfindung bereits continuirlich.

Es wäre durchaus verkehrt hieraus zu schliessen, das Ohr könne nicht weniger als $\frac{1}{31}$ Secunde unterscheiden. Nach E. H. Weber's Untersuchungen sind geübte Violinspieler im Stande zwei Töne zu unterscheiden, deren Schwingungsverhältniss $\frac{1000}{999}$ beträgt. Das Ohr kann also $\frac{1}{1000}$ Secunde erkennen, woraus natürlich nicht folgt, dass es auch 1000mal in der Secunde sich wiederholende Reize discontinuirlich empfindet. Wir wissen dass dieses nicht der Fall ist. Andererseits wäre es irrig, wenn man folgern wollte, das Ohr könne unter keinen Umständen mehr als 31 Intermittenzen in der Secunde discontinuirlich empfinden. Helmholtz hat gefunden, dass selbst bis zu 132 Intermissionen in der Secunde vom Ohre discontinuirlich empfunden werden können und zwar mittelst der Schwebungen. Schwebungen werden bekanntlich gehört, wenn zwei Töne von sehr wenig verschiedener Höhe gleichzeitig auf die empfindenden Theile des Ohres wirken, es wird

1) Ebenda S. 266.

2) Ebenda S. 267.

3) Ebenda S. 267 u. S. 15. Vgl. S. 30 u. 268.

dann die Intensität des Tones abwechselnd stark und schwach. Die Zahl dieser Intermissionen ist, wie Helmholtz nachwies, gleich der Differenz in der Anzahl der Schwingungen, welche beide Klänge in derselben Zeit ausführen. Hieraus folgt, dass die Schwebungen an und für sich keine Reize, sondern eine secundäre Erscheinung sind, die unmöglich ist ohne die beiden Klänge. Man kann daher aus der Wahrnehmbarkeit von selbst 132 Schwebungen in der Secunde keinen Einwurf gegen die Richtigkeit unseres Grenzwertes (31) entnehmen. Denn beim Hören der Schwebungen hat man bereits eine continuirliche Empfindung, man hört einen Ton, und zwar einen statt zwei und diesen einen rauh. Es können also die Schwebungen nicht verwendet werden zur Ermittlung der Anzahl von Reizen, welche erforderlich sind um eine Tonempfindung zu bewirken oder zur Bestimmung der grösstmöglichen ohne continuirliche Empfindung wahrnehmbaren Reize, denn die Schwebungen sind keine directen Reize, sondern Folgen von intermittirenden Reizen, welche ihrerseits so schnell aufeinanderfolgen, dass ihre Wirkung continuirlich ist und nur nebenbei bedingen die Schwebungen eine Störung der Continuität, indem sie den Ton rauh oder knarrend machen. Sehr bemerkenswerth aber ist es, dass sowohl bei hohen wie bei tiefen Tönen die stärkste Rauigkeit eintritt wenn die Zahl der Schwebungen 30 bis 40 in der Secunde beträgt (Helmholtz¹⁾). —

Für andere Sinne als das Gesicht und das Gehör ist die zeitliche Grenze der Leistungsfähigkeit nicht ermittelt worden. Da Geschmack und Geruch derartigen Untersuchungen vor der Hand unzugänglich sind, so suchte ich den Grenzwert für das Gefühl zu bestimmen, indem ich die Frage zu beantworten strebte, wie oft ein Reiz für die sensibelen Hautnerven (Druck, Stoss, Schlag) in einer Secunde sich wiederholen darf, ohne dass die entsprechende Empfindung continuirlich wird. Es diente mir dazu der bereits bei Gelegenheit der rotirenden Sectorscheiben benutzte Apparat. Zuerst liess ich mit der Messingscheibe den Kiel einer Gänsefeder rotiren und hielt die Fingerspitzen einer Hand so in tangentialer Richtung zur Kreisbahn, welche der äusserste Punct derselben beschrieb, dass bei jedem Umlauf des Federkiesels derselbe einen Schlag auf den Finger ausübte. Bei langsamer Rotation fühlt man dann deutlich jeden einzelnen Schlag, je mehr aber die Umdrehungsgeschwindigkeit zunimmt, um so undeutlicher werden die ein-

1) Ebenda S. 250, 256 u. 258.

zelenen Schläge und bei einer gewissen Zahl von Umläufen ist gar nichts mehr von Discontinuität zu bemerken, man empfindet einen heftigen Schmerz, der dem Schmerze frischer Brandwunden sehr ähnlich ist. Discontinuirlich war die Empfindung noch bei etwa 28maliger Wiederkehr des Reizes in einer Secunde. Aber es gelang mir nicht mit nur annähernder Genauigkeit die Grenze zu finden, offenbar weil bei der Umdrehung des Federkiesels nicht immer dieselbe Stelle der Fingerhaut getroffen wurde. Ich stellte daher weitere Versuche an, bei denen die zu reizende Stelle durch Festlegung des Arms constant dieselbe blieb und der Radius des rotirenden Objectes sehr klein war. Ein stumpfer, wenige Millimeter langer eiserner Zapfen, der in die Axe des Messingrades eingekeilt wurde, diente als Reiz. Hierbei war die Empfindung noch discontinuirlich bei 23 und bei 25,3 Stössen in der Secunde, continuirlich bei 27,6, bei 35,9 und jeder schnelleren Rotation. Der Schmerz und die Zerstörungen der Haut liessen jedoch auch hierbei keine genaue Bestimmung zu, indem mitunter die häufige Wiederholung discontinuirliche, die etwas weniger häufige bereits continuirliche Wirkung zur Folge hatte, statt umgekehrt. Frei von diesem Fehler sind die Versuche, die ich mit rotirenden polygonalen metallenen Ringen (Schraubenmuttern) anstellte. Bei diesen ergab sich durchaus constant: Continuität wenn die Kante 36,8mal oder öfter in der Secunde die tastende Fingerspitze berührte, Discontinuität wenn die Berührung 27,6 oder weniger als 27,6mal in der Secunde eintrat. Bei 32,2maliger Berührung war die Empfindung gemischt. Wenn nun auch bei diesen letzten Bestimmungen der Schmerz fehlt und überhaupt die Anordnung des Versuchs eine zweckmässigere ist, so darf doch auf die zwischen 27,6 und 36,8maliger Reizung in der Secunde liegenden Zahlen kein grosser Werth gelegt werden, weil erstlich es beinahe unmöglich war trotz Festlegung des Arms stets genau denselben Punct zu reizen und zweitens, je näher man diesem Ziele kommt, um so eher eine fernere Fehlerquelle sich geltend macht, nämlich die Ermüdung. Schnell hintereinander gereizte Hautstellen verlieren überaus schnell ihre Empfindlichkeit und es tritt geradezu eine locale Anästhesie ein. Andere Stellen der Hand verhalten sich ganz ähnlich wie ermüdete Finger an ihrer Spitze, sie sind sehr viel weniger empfindlich als die noch nicht gereizten Volarflächen der Finger und auch bei weniger als 27,6 Reizungen in der Secunde tritt dabei Continuität der Empfindung ein. Einstweilen möchte ich rücksichtlich des Grenzwertes für den Tastsinn nur behaupten, dass er zwischen

27,6 und 36,8 Reizen in der Secunde zu suchen ist. Die kürzeste Dauer eines Tasteindrucks beträgt jedenfalls mehr als $\frac{1}{4}$ und weniger als $\frac{1}{2}$ Secunde, wahrscheinlich ist $\frac{1}{4}$ Secunde dem wirklichen Werthe am nächsten. —

Es gibt noch eine grosse Gruppe von Nerven, welche ähnlich wie der Sehnerv, der Hörnerv und die Tastnerven einer genauen Bestimmung mit Rücksicht auf die Zahl der möglichen Erregungen fähig sind, nämlich die Bewegungsnerven, deren Reizung Muskelcontractionen zur Folge hat.

Durch die Ermittlung der grösstmöglichen Zahl von Erregungen der Muskelnerven ohne künstliche Reizung ist zugleich die Grenze der Leistungsfähigkeit des Willens gegeben, dessen von aussen erkennbare Herrschaft einzig und allein auf die quergestreiften Muskeln sich erstreckt. Wenn man mit der höchsten Anstrengung willkürlich einen Muskel oder eine Gruppe von Muskeln zusammenzieht und experimentell feststellt, wieviel Vibrationen der Muskel in einer Secunde ausführt, so hat man auch zugleich die äusserste Zahl der in einer Secunde durch den Willen erzeugbaren Erregungen der Muskelnerven gefunden, d. h. man weiss dann wieviel Willensäusserungen in maximo innerhalb einer Secunde überhaupt möglich sind. Um nun bei dem schnell hintereinander contrahirten, d. i. tetanisirten Muskel die Zahl der Contractionen genau zu bestimmen, besitzen wir ein, wie es auf den ersten Blick scheint, sehr einfaches Mittel: Wir brauchen nur die Höhe des Tones zu kennen, welchen der durch den Willen tetanisirte Muskel hören lässt.

Wollaston fand den Muskelton im Mittel aus 20 bis 30 Stössen in der Secunde bestehend. Die höchste von ihm erhaltene Zahl war 35 bis 36 in der Secunde. Haughton fand (1863) beim Contrahiren der Vorderarmmuskeln 32 bis 36 Schwingungen in der Secunde für den Muskelton, welcher übrigens von ihm bei allen Muskeln gleich gefunden wurde. Hieraus ergab sich für den willkürlichen, den natürlichen Tetanus dasselbe, was E. du Bois-Reymond¹⁾ schon längst (1849) für den elektrischen und den Strychnintetanus mittels des secundären Tetanus nachgewiesen hatte: die Discontinuität der Contraction im Tetanus. Helmholtz bestätigte (1864) Wollaston's und Haughton's Versuche, indem er 32, 33 bis 36 Schwingungen in der Secunde fand²⁾. Als er aber die Muskeln nicht durch den Willen, sondern

1) Untersuchungen über thierische Elektrizität II, S. 89, 90 u. 515. Berlin 1849.

2) Versuche über das Muskelgeräusch. Monatsber. d. Akad. d. Wiss. in Berlin 15. Mai 1864, S. 308 heisst es: »35 bis 36 für die Kaumuskeln, etwas weniger für die schwächeren Gesichtsmuskeln.« In dem Vortrag: »Ueber Muskelgeräusch«, gehalten am 27. Mai 1864, wird, »soweit dies vom Ohr beurtheilt werden kann« das C, von 33 Schwingungen für die schwächeren Muskeln genannt. Verhandlungen des naturhist.-

durch Inductionsströme tetanisirte, hörte er andere Töne und zwar betrug die Schwingungszahl derselben stets gerade soviel wie die Unterbrechungen des Stromes, z. B. 120 und 130. Auch dann, wenn die tetanisirenden Ströme nicht den Muskel selbst, sondern den zugehörigen Nerven reizten, liess der Muskel einen Ton hören von soviel Schwingungen als die Zahl der Inductionsströme betrug, welche den Nerven durchflossen. Später (1867) fand Helmholtz¹⁾ nach einem anderen Verfahren den natürlichen Muskeltetanus nicht aus 32 bis 36, sondern aus 18 bis 20 Schwingungen bestehend und die Vibrationen des Muskels erkannte er als nur annähernd periodisch, nicht so genau wie die Bewegungen schwingender Federn. Die Methode beruht auf dem Mitschwingen geeigneter Federn oder besser Papierstreifen mit dem tetanisirten Muskel. Ihrzufolge sind nach Helmholtz die früher gehörten Muskelöne die Obertöne des ausserhalb der musikalischen Scala liegenden Grundtons.

Man könnte aus diesen Beobachtungen ohne Weiteres folgern wollen, dass die centralen Endigungen der Bewegungsnerven nicht mehr als etwa 19mal in der Secunde beim natürlichen Tetanus erregt werden, d. h. dass der Wille nur 19mal in der Secunde sich äussern könne. Ein solcher Schluss wäre jedoch voreilig und zwar aus folgendem Grunde.

Offenbar kann ein Muskel ebenso wie durch Inductionsströme von veränderlicher Zahl, so auch durch den Willen und unzweifelhaft durch einige Gifte z. B. Blausäure und Strychnin in Tetanus von verschiedener Intensität verfallen. Wenn ich ohne besondere Anstrengung meinen Biceps zusammenziehe, so ist der Tetanus viel schwächer, d. h. er besteht ganz gewiss aus weniger Vibrationen, als wenn ich ihn mit dem grössten Kraftaufwande contrahire, so dass er hart anzufühlen ist. Nun haben die Forscher, welche die Höhe des Muskeltons bestimmten, stillschweigend vorausgesetzt, der Tetanus, dessen Ton ermittelt wurde, sei vollkommen gewesen, habe aus der höchstmöglichen Zahl von Schwingungen, die durch Willen erzeugt werden können, bestanden oder sie haben, Marey ausgenommen, wenigstens nicht die verschiedenen Grade des willkürlichen Tetanus berücksichtigt²⁾. Obwohl aus gelegentlichen Beobachtungen von E. du Bois-

medic. Vereins zu Heidelberg III, S. 156. Heidelberg 1865. Collongue und König in Paris sowie Marey finden den Muskelton aus 32 Schwingungen bestehend.

1) Ueber den Muskelton. Verhandlungen des naturh.-medicin. Vereins zu Heidelberg 20. Juli 1866 IV, S. 88—90 u. S. 161.

2) Haughton findet zwar bei allen Muskeln denselben Ton, aber wenn man die Schwierigkeit

Reymond¹⁾ mit der grössten Wahrscheinlichkeit hervorgeht, dass je nach dem angewandten Reize die Intensität des Muskeltetanus verschieden und an der Grösse der negativen Schwankung des Muskelstroms erkennbar ist, so hat man doch dieses Mittel nicht anwenden können, um die ebenso unzweifelhaft vorhandenen Grade des durch den Willen erzeugten Tetanus voneinander zu sondern. Mitschwingende Federn können vielleicht eher hierzu verwendet werden, wenn sie empfindlich genug gemacht werden können. Ist doch die Zahl 19 von Helmholtz selbst mit einem vorgesetzten „etwa“ versehen worden. Für uns handelt es sich aber um die Ermittlung genau derjenigen Zahl von Muskelvibrationen, welche in maximo der durch den Willen tetanisirte Muskel zeigt. Diese lehren uns sämtliche Bestimmungen der Muskeltöne nicht kennen und bei der grossen Schwierigkeit die Höhe gerade dieser Töne zu ermitteln, eignen sie sich nicht so gut zu jenem Zwecke, als es auf den ersten Blick schien.

Glücklicherweise aber kann auf andere Weise mit der grössten Genauigkeit die Zahl der den vollkommenen willkürlichen Tetanus zusammensetzenden Vibrationen gefunden werden. Wir verdanken Marey eine Verbesserung der myographischen Methode, welche alle Stadien der Muskelcontraction von der einzelnen Zuckung bis zum absoluten Tetanus zu verfolgen gestattet. Marey lässt den durch intermittirende Reize oder durch den Willen sich contrahirenden Muskel unter allmählicher Zunahme der Intermissionen, jede einzelne Zuckung aufschreiben und erhält auf diese Weise zusammengesetzte Zuckungscurven von immer flacher werdenden Wellenbergen, bis schliesslich bei einer gewissen Anzahl von Reizen die Wellen nicht mehr erkennbar sind und bei weiterer Steigerung der Reizungszahl eine einfache Linie auf-

erwägt, Unterschiede sehr tiefer Töne zu erkennen, und die möglicherweise kleine Zahl von untersuchten Muskeln, so kann dies nichts beweisen. Vgl. die vorige Anmerkung.

1) Wenn es auch noch gänzlich unbekannt ist, welche Function der Vibrationszahl des tetanisirten Muskels die Grösse der negativen Schwankung ist, so wird doch niemand die Abhängigkeit letzterer von der Intensität des Tetanus bezweifeln. Die Beobachtungen E. du Bois-Reymond's (Unters. II, S. 53 bis 58, 1849) sind diese: Bei unmittelbarer mechanischer Reizung des Nerven war die negative Schwankung des Muskelstroms sehr klein, bei mittelbarer etwas grösser aber viel kleiner als bei elektrischer Reizung, bei thermischer Reizung war der Ausschlag der Multiplicatornadel in einzelnen Fällen stärker als bei mechanischer, stets aber geringer als bei elektrischer Reizung, noch grösser beim Strychnintetanus; man sieht hier die Nadel einen »nahe eben so heftigen negativen Ausschlag beschreiben wie bei der Erregung durch den elektrischen Strom«. Die weitere Frage, nach welchem Gesetze die negative Schwankung mit gesteigerter Zahl der tetanisirenden Inductionsströme zunimmt, harret, wie gesagt, noch ihrer Lösung.

gezeichnet wird. Er findet nun diejenige Zahl von elektrischen Reizen, welche den vollkommenen Tetanus erzeugen, bei der also die Wellenlinie in eine gerade übergeht, gleich der Zahl von Vibrationen, welche seine eigenen Muskeln zeigen, wenn er sie durch den Willen möglichst stark zusammenzieht, so dass der tetanisirte Muskel scheinbar immobil wird¹⁾. Die Zahl ist 27 bis 30 in einer Secunde oder bei Marey selbst genauer ein wenig mehr als 27. Ich trage keinen Augenblick Bedenken hieraus zu folgern, dass die Ganglienzellen mittelst deren der Wille die Muskeln innervirt, nicht mehr als 27 bis 30mal in der Secunde erregt werden können. Es kann nämlich diese geringe Zahl von Contractionen nicht bedingt sein etwa durch die Unfähigkeit der motorischen Nervenendplatten in den Muskeln mehr als 27 Reize in der Secunde auf die Muskelsubstanz zu übertragen oder durch das Unvermögen der contractilen Masse sich öfter als 27mal in der Secunde zusammenzuziehen, aus dem einfachen Grunde, weil bei künstlicher Reizung der Muskelnerven, wie Helmholtz zeigte, 120 und mehr Vibrationen des Muskels in der Secunde hervorgerufen werden können, ja ein Froschmuskel ebensowohl bei 1200 Unterbrechungen des Stromes in einer Secunde in Tetanus verfällt, wie bei 10maliger Wiederholung des Reizes in einer Secunde²⁾.

1) *Phénomènes intimes de la contraction musculaire. Comptes rendus LXVI, S. 205. Paris 1868* und: *Du mouvement dans les fonctions de la vie. Paris 1868, p. 373—392.* Der genaue Zeitpunkt, wann die vollständige Fusion der einzelnen Zuckungen eintritt, ist zwar von Marey nicht ermittelt worden; er hat aber festgestellt, dass dazu ein wenig mehr als 27 Reize in der Secunde nöthig sind. Uebrigens hebt Marey mit Recht hervor, dass die zum Hervorbringen der »fusion des secousses« erforderliche Minimalzahl von Reizen sehr schwankt, indem geringe Temperaturänderungen des Muskels, Ermüdung desselben, Intensitätsänderung des Reizes diese Zahl erheblich beeinflussen. Auch zeigen verschiedene Thiere sehr grosse Unterschiede, der Schildkrötenmuskel verfällt schon bei drei Reizen in der Secunde in nahezu vollkommenen Tetanus, der Vogelmuskel bei 70 noch nicht. Die letztere Beobachtung ist indessen wegen der Unruhe des Thieres unsicher. Auch die Verschiedenheit der Muskeln desselben Thieres ist von Einfluss. Der *m. hyoglossus* des Frosches braucht nur 10, der *Gastrocnemius* mehr als 20 Reize in der Secunde zum vollkommenen Tetanus. Bemerkenswerth ist auch der von Marey gefundene individuelle Unterschied. Indem er bei unveränderter Zahl der Inductionsströme mit seiner myographischen Pincette die eigenen Muskeln und die anderer Personen untersuchte, zeigte sich in dem einen Fall vollkommener Tetanus, während in dem anderen die einzelnen Vibrationen noch sehr stark waren (S. 328). Alles dieses kann uns jedoch nicht hindern für den gesunden erwachsenen Menschen diejenige Zahl von Vibrationen zu suchen, welche der durch den Willen auf das äusserste tetanisirte Muskel zeigt, ohne dass störende Einflüsse wie Ermüdung u. a. stattfinden.

2) *Monatsber. d. Berl. Akad. a. d. J. 1864. S. 309 u. 310 Berlin 1865 und Verhandl. d. naturh.-med. Ver. z. Heidelb. III, S. 157 sowie die Lehre von den Tonempfindungen S. 261. Braunsch. 1863.* Bei dem durch eine stromunterbrechende Stimmgabel von 600 Schwingungen tetanisirten Muskel wurde kein Geräusch gehört. Aber als Helmholtz eine Stimmgabel von 120 ganzen Schwingungen den

Der Schluss, dass die centralen Endigungen der Bewegungsnerven nicht mehr Reize in der Secunde in die Muskeln absenden können, erhält überdies eine glänzende Bestätigung durch eine Beobachtung von E. du Bois-Reymond¹⁾, welche Helmholtz²⁾ bestätigte. Du Bois fand, dass beim Reizen des Rückenmarks eines Kaninchens mit Inductionsströmen der Ton, welchen die tetanisirten Muskeln des Thieres hören liessen, stets als der natürliche tiefe Muskelton sich erwies, gleichgültig, um wieviel grösser die Schwingungszahl des Magnetelektromotors war. Hierdurch ist bewiesen, dass die Ganglienzellen, von denen aus die Muskeln innervirt werden, überhaupt nicht mehr Impulse bewirken können als die Zahl der Vibrationen des natürlich tetanisirten Muskels beträgt und der Wille hat factisch seine Grenze gefunden. Jede Willenserregung dauert länger als $\frac{1}{4}$ Secunde, denn es sind nicht mehr als 27 bis 30 Willensimpulse in der Secunde möglich.

Stellen wir nun die für den Gesichtssinn, den Gehörsinn, den Tastsinn und den Willen erhaltenen Grenzwerte zusammen.

Die höchste Zahl von directen objectiven einfachen gleichartigen regelmässigen Reizen, welche unter den günstigsten Umständen noch eine discontinuirliche Empfindung zur Folge haben kann, beträgt in einer Secunde für das Gesicht 30, das Gehör 31, das Gefühl circa 32 und es beträgt die höchste Zahl von Erregungen der Bewegungsnerven, welche hervorgerufen werden können in einer Secunde durch den Willen > 27 .

Von diesen Werthen ist der erste (30) der Wahrheit gewiss sehr nahe, weil er das übereinstimmende Ergebniss vieler und vielfach variirter Versuche mehrerer Forscher darstellt. Der zweite (31) ist gleichfalls in hohem Grade vertrauenswürdig, denn er beruht auf Versuchen von Helmholtz, die Schwingungszahl des tiefsten Tons zu finden, bei denen die Fehler der früher zu gleichem Zwecke unternommenen Versuche sorgfältig vermieden wurden. Der dritte Werth (32) ist nicht so genau wegen der Schwierigkeit ein und dieselbe Hautstelle oft hintereinander zu reizen, ohne dass die Er-

Strom unterbrechen liess, hörte er im Muskel auch den Ton von 240 Schwingungen, welcher durch die gleichzeitig wirkenden 120 Oeffnungsschläge und die etwas schwächeren 120 Schliessungsschläge hervorgerufen zu sein schien. Auch Marey hat die Frage offen gelassen, wieviel Vibrationen überhaupt in maximo der tetanisirte Muskel auszuführen im Stande ist. Daraus, dass bei 1200 Reizen in der Secunde noch Tetanus eintritt, folgt natürlich nicht, dass auch der Muskel 1200mal vibrirt.

1) Ueber die angeblich saure Reaction des Muskelfleisches. Monatsber. d. Berl. Akad. d. Wiss. 21. März 1859. S. 318. Berlin 1860.

2) Verhandlungen des naturh.-med. Ver. zu Heidelberg. IV, 90 u. III, 156.

müdung das Ergebniss stört. Doch folgt aus meinen Versuchen, dass der Grenzwert für den Tastsinn zwischen 28 und 36 Reizen in einer Secunde liegt. Der vierte Werth (27) ist ausschliesslich Marey zu verdanken, welcher die Zahl der Vibrationen des durch den Willen vollkommen tetanisirten Muskels neuerdings nach einem verbesserten Verfahren zu etwas mehr als 27 in der Secunde fand. Wenn auch die letztere Zahl unter dem wahren Maximum bleibt, ist doch dieses — soviel haben die früheren Untersuchungen mit Wahrscheinlichkeit dargethan — niedriger als 36.

Ueberlegt man nun, was eigentlich die vier Grenzwerte bedeuten, so ist zunächst hervorzuheben, dass sie sich nicht auf die peripherischen Endigungen der betreffenden Nerven beziehen. Für die Endigungen der motorischen Nerven in den Muskeln wurde die Unrichtigkeit einer derartigen Vermuthung vorhin nachgewiesen. Derselbe Nachweis gelingt leicht auch für den Grenzwert des Gehörs. Wenn eine Reihe von so schnellen Luftstössen unser Trommelfell trifft, dass wir einen Ton empfinden, so gerathen dabei zunächst, wenn wir der immer fester wurzelnden Helmholtz'schen Theorie folgen, die äusseren Cortischen Fasern, welche auf den betreffenden Ton abgestimmt sind, in Mitschwingungen. Und wenn auch tausende von Lufterschütterungen in einer Secunde stattfinden, jene Organe werden ebensoviele tausend Schwingungen in derselben Zeit factisch ausführen. Davon merken wir jedoch nichts, wir fassen die zahlreichen einzelnen Bewegungen unserer Hörnervenendigungen in eine continuirliche Empfindung zusammen, wir hören einen Ton. Kann es einen glänzenderen Beweis dafür geben, dass unser Unvermögen schnell aufeinanderfolgende gleichförmige Luftstösse als solche oder discontinuirlich zu empfinden nicht auf die Structur des peripherischen Theiles des Hörnerven zu schieben ist? Für das Auge und die Tastnerven lässt sich der Nachweis nicht so leicht führen, weil wir zu wenig über den Erregungsmechanismus der Endigungen des Opticus und der Tastnerven wissen. Es sprechen jedoch mehrere Wahrscheinlichkeitsgründe und die Analogie mit dem Ohre entschieden dafür, dass die peripherischen Endigungen des Opticus und der Tastnerven öfter als 31mal in der Secunde erregt werden können und dass die continuirliche Wirkung, welche schnellere Wiederholungen des Reizes bedingen, nicht auf einer Mangelhaftigkeit der percipirenden Endorgane beruht.

Vielmehr sind es die *centralen* Ursprünge des Sehnerven, des Hörnerven, der Tastnerven und sämmtlicher motorischen Muskelnerven, welche bei

schnellerer Reizung ihre Dienste versagen und zwar ist *bei allen die Grenze der Leistungsfähigkeit dieselbe oder nahezu dieselbe*, wie die grosse Uebereinstimmung zwischen den einzelnen Werthen ergibt. Dies ist die Thatsache, auf welche ich zu Anfang dieser Mittheilung hindeutete. Diejenigen Ganglienzellen im Centralorgan, in welche der Hörnerv, der Sehnerv und die Tastnerven sowie die motorischen Muskelnerven endigen, also die Ganglienzellen, durch deren Erregung die Lichtempfindung, die Schallempfindung, die Tastempfindung und die Willensthätigkeit zu Stande kommt oder bedingt ist, sind so beschaffen, dass sie entweder nicht öfter als etwa 30mal in einer Secunde überhaupt erregt werden können (Willensganglien) oder bei schnellerer als 30maliger Reizung in einen Zustand dauernder Erregung gerathen, der dem Muskeltetanus vergleichbar ist (Empfindungsganglien). *Dieser Tetanus der Ganglienzellen hat stets eine continuirliche Empfindung zur Folge, vielleicht dürfen wir sagen, ist die continuirliche Empfindung selbst.* Der Lichttetanus, der Schalltetanus, sie entsprechen der Empfindung, welche eine Lichtquelle von unveränderter Intensität und welche ein Ton erzeugt. Werden aber die Ganglienzellen weniger als 30mal in der Secunde erregt, dann kann jener vollkommene Tetanus nicht zu Stande kommen. Wir haben dann in dem einen Falle keine reine Tonempfindung, in dem anderen keine continuirliche Lichtempfindung, sondern eine intermittirende, weil die erregten Ganglienzellen zwischen jedem einzelnen Reize Zeit haben, aus dem Zustand der Erregung in den der Ruhe überzugehen oder die einzelnen Erregungen nicht so schnell aufeinanderfolgen, dass eine noch vorhanden, wenn die nächste beginnt u. s. f. Ganz ähnlich wie beim Muskel, wo auch bei weniger als 27 Reizungen in der Secunde noch jede einzelne Zuckung ihre Curve beschreibt, bei mehr der vollkommene Tetanus eintritt. Ueberaschend dabei ist die ungeahnte Uebereinstimmung in der äussersten Grenze der zu einer einzelnen Erregung erforderlichen Zeit, welche in allen vier Fällen nahezu $\frac{1}{4}$ Secunde beträgt.

Wenn ein Lichtreiz auf das Auge, Luftschwingungen auf das Ohr, ein Druck auf die Haut, ein Willensreiz auf die Muskelnerven wirkt, so muss stets zum allerwenigsten $\frac{1}{4}$ Secunde vergehen vom Augenblick, da der Reiz das Nervenende trifft bis zum Moment des Erlöschens seiner Wirkung am anderen Ende. In überaus zahlreichen Fällen beträgt diese Zeit viel mehr.

Ich glaube, dass durch die Feststellung dieser Thatsache ein Anhaltspunct zu weiteren Ermittlungen des Zeitlichen bei psychischen Vorgängen gewonnen ist.

Erörterung der Möglichkeit,

ein gegebenes System gewöhnlicher Differentialgleichungen
vollständig zu integrieren.

Von
Rudolf (Otto Sigismund)
Dr. R. Lipschitz.

Die bedeutendsten Fortschritte, welche die Theorie der Systeme von Differentialgleichungen, bei denen gewisse veränderliche Grössen als Functionen einer unabhängig veränderlichen Grösse betrachtet werden, seit den Arbeiten von Jacobi erfahren hat, sind aus der Entwicklung der Theorie der complexen Grössen hervorgegangen. Bei jedem gegebenen System von Differentialgleichungen ist eine Hauptfrage darauf gerichtet, ob es überhaupt möglich sei, die abhängig veränderlichen Grössen so zu bestimmen, dass sie dem System von Differentialgleichungen genügen und für einen gegebenen Werth der unabhängigen Veränderlichen eine der Ordnungszahl des Systems entsprechende Zahl von Gleichungen befriedigen. Diese Frage ist für den Fall gründlich untersucht worden, dass die in das System von Differentialgleichungen eingehenden Ausdrücke unmittelbar die Voraussetzung gestatten, dass sowohl die unabhängige Variable als die abhängigen Variabeln Grössen von der Form $a + b\sqrt{-1}$ seien. Weil jede Function einer complexen Grösse, wenn man einzelne Stellen des Gebietes derselben ausnimmt, in eine nach den positiven ganzen Potenzen einer linearen Function dieser complexen Grösse fortschreitende Reihe entwickelbar sein muss, so ist die in Rede stehende Entscheidung von der Beantwortung der anderen Frage abhängig, ob es möglich sei, die abhängigen Variabeln, die in dem System von Differentialgleichungen auftreten, den angeführten Bedingungen entsprechend in Gestalt von Potenzreihen darzustellen, die für ein gewisses Gebiet der unabhängigen Variabeln convergiren. Von diesem Standpuncte aus ist die

Prüfung der Möglichkeit der vollständigen Integration eines gegebenen Systems von Differentialgleichungen, das den bezeichneten Character besitzt, durchgehends in Angriff genommen und ausgeführt worden¹⁾.

Wenn dagegen die in einem gegebenen System von Differentialgleichungen erscheinenden Ausdrücke nur unter der Voraussetzung reeller Elemente gegeben sind, und eine unmittelbare Ausdehnung auf die Voraussetzung complexer Elemente nicht erlauben, so fehlt die Berechtigung, anzunehmen, dass die abhängig veränderlichen Grössen in Reihen entwickelbar seien, die nach den Potenzen einer linearen Function der reellen unabhängig veränderlichen Grösse fortschreiten. Die Bedingungen der Möglichkeit einer vollständigen Integration müssen deshalb auf einem andern Boden festgestellt werden. Da eine mit Schärfe auf dies Ziel gerichtete Arbeit mir nicht bekannt geworden ist, so werde ich auf den folgenden Seiten einen den Gegenstand betreffende Untersuchung mittheilen, für welche der Beweis der Existenz eines bestimmten Integrals²⁾ den Leitfaden bildet.

Man darf voraussetzen, dass das gegebene System von Differentialgleichungen durch Einführung neuer abhängiger Variabeln in eine Form gebracht sei, welche nur die Differentialquotienten der ersten Ordnung von den n Variabeln $y^1, y^2, \dots y^n$ in Bezug auf die independente Variable x enthält. Man setzt ferner voraus, dass die Werthe jedes einzelnen Differentialquotienten $\frac{dy^a}{dx}$, wo a von 1 bis n geht, durch die Variabeln $x, y^1, y^2, \dots y^n$ dargestellt werden können³⁾, und durch dieselben ausgedrückt sind. Hierdurch erhält das System von Differentialgleichungen die folgende Gestalt

$$(1.) \quad \frac{dy^a}{dx} = f^a(x, y^1, y^2, \dots y^n).$$

Wir nehmen nun an, dass die n Functionen f^a für einen gewissen Complex

1) Weierstrass, über die Theorie der analytischen Facultäten, Crelle's Journal Bd. LI, pag. 43. Briot et Bouquet, théorie des fonctions doublement périodiques, pag. 49.

2) Newton, principia, liber I, sectio I, lemma II. Lejeune Dirichlet, über die Darstellung ganz willkürlicher Functionen durch Sinus- und Cosinusreihen, Repertorium der Physik von Dove und Moser. Bd. I, pag. 152.

3) Die hierzu nothwendige und hinreichende Bedingung besteht bei den Systemen isoperimetrischer Differentialgleichungen, welche in den Beiträgen zur Theorie der Variation der einfachen Integrale, Journal f. Mathematik, Bd. LXV, pag. 26, behandelt sind, darin, dass die daselbst mit Δ bezeichnete Determinante nicht identisch verschwinden darf, und diese Bedingung ist dort ausdrücklich ausgesprochen worden.

stetig zusammenhängender reeller Werthverbindungen der Variablen $x, y^1, y^2, \dots y^n$ gegeben sind; dieser Complex wird das Grössengebiet G genannt werden. In dem Falle, dass die Zahl $n = 2$ ist, giebt die Vorstellung, dass den Variablen x, y^1, y^2 rechtwinklige Coordinaten im Raume entsprechen, eine Anschauung, welcher sich die anzustellenden Betrachtungen ungezwungen anschliessen. Für alle Werthverbindungen des Grössengebietes G sollen die n Functionen f^a eindeutig bestimmt, numerisch kleiner als ein fester Werth, und stetig sein. Sie sollen ausserdem die Eigenschaft haben, dass für je zwei Werthverbindungen, die in Bezug auf die Variablen y^a differiren, aber denselben Werth der Variable x haben, $x = h, y^a = k$ und $x = h, y^a = l$, die folgenden Ungleichheiten gelten

$$(2.) \quad [f^a(h, k^1, k^2, \dots k^n) - f^a(h, l^1, l^2, \dots l^n)] < c^{a,1} [k^1 - l^1] + c^{a,2} [k^2 - l^2] + \dots + c^{a,n} [k^n - l^n].$$

Hier sind $c^{a,b}$ endliche positive Constanten und das Zeichen $[w]$ bedeutet, wie immer im Folgenden, den absoluten Werth der reellen Grösse w . Da die Bedingung der Stetigkeit darin besteht, dass für je zwei Werthverbindungen, die in Bezug auf die sämtlichen Variablen differiren, $x = h, y^a = k$ und $x = j, y^a = l$ der Werth $[f^a(h, k^1, k^2, \dots k^n) - f^a(j, l^1, l^2, \dots l^n)]$ beliebig klein wird, sobald die Werthe $[h - j], [k^a - l^a]$ der Null genähert werden, so ist die Bedingung der Stetigkeit unter der Voraussetzung der Ungleichheiten (2.) dann und nur dann erfüllt, wenn für eine beliebig kleine Grösse σ und eine abnehmende Differenz $[h - j]$ bei je zwei Werthsystemen, die nur in Bezug auf den Werth von x verschieden sind, die Ungleichheiten

$$(3.) \quad [f^a(h, l^1, l^2, \dots l^n) - f^a(j, l^1, l^2, \dots l^n)] < \sigma$$

erfüllt sind.

Das System von Differentialgleichungen (1.) ist vollständig integrirt, wenn man ein System von Functionen $y^1, y^2, \dots y^n$ bestimmt hat, die dem System (1.) genügen und die, wenn $x = x_0$ wird, die n Gleichungen

$$(1^a.) \quad y^a = y_0^a$$

erfüllen. Das Werthsystem $(x_0, y_0^1, y_0^2, \dots y_0^n)$ mag innerhalb des Gebietes G beliebig, doch mit der Beschränkung angenommen werden, dass jede der

$(n + 1)$ Variablen, von diesem Werthsystem aus, in dem Gebiete G noch einen endlichen Spielraum habe. Das heisst, man soll zu dem Werthsystem $(x_0, y^1, y^2, \dots y^n)$ die endlichen positiven Grössen a_0, b_0 so wählen können, dass die Ungleichheiten

$$[x - x_0] \leq a_0, [y^a - y_0^a] \leq b_0^a$$

ein innerhalb G liegendes Gebiet abstecken. Zufolge der Annahme muss es endliche positive Constanten c_0^a geben, für welche in dem so eben bezeichneten Gebiet die Ungleichheiten

$$(4.) [f^a] < c_0^a$$

gelten. Es werde nun ein positiver Werth A_0 so gewählt, dass

$$(4^a.) A_0 c_0^a < b_0^a, A_0 < a_0$$

ist, und das durch die Ungleichheiten

$$(4^b.) [x - x_0] \leq A_0, [y^a - y_0^a] \leq b_0^a$$

beschränkte Gebiet, das innerhalb des vorhin bezeichneten Gebietes und deshalb auch innerhalb G liegt, H_0 genannt. *Unter diesen Voraussetzungen existirt in der That ein und nur ein System von n Functionen $y^1, y^2, \dots y^n$, die das System von Differentialgleichungen (1.) erfüllen, die ferner, wenn die Variable x den Weg von $x_0 - A_0$ bis $x_0 + A_0$ durchläuft, sich innerhalb des Gebietes H_0 stetig ändern, und die für den Werth $x = x_0$ die n Gleichungen $y^a = y_0^a$ befriedigen.*

Für den Beweis der aufgestellten Behauptung reicht es hin, die Bewegung der Variable x von x_0 bis $x_0 + A_0$ zu verfolgen, denn die Bewegung derselben von x_0 bis $x_0 - A_0$ erlaubt eine genau entsprechende Betrachtung. Wir denken uns, um zuerst die Existenz einer Auflösung des Systems (1.) von der angegebenen Beschaffenheit darzuthun, zwischen den Werthen x_0 und $x_0 + A_0$ eine Reihe von Grössen $x_1, x_2, \dots x_{p-1}$ so eingeschaltet, dass

$$x_0 < x_1 < x_2 \dots < x_p = x_0 + A_0$$

ist, und bestimmen zunächst n Grössen r_1^a durch die folgenden n Gleichungen

$$(5.) r_1^a - y_0^a = f^a(x_0, y_0^1, y_0^2, \dots y_0^n) (x_1 - x_0).$$

Diese Gleichungen entstehen aus dem gegebenen System von Differentialgleichungen (1.), indem auf der linken Seite derselben dx durch die endliche

Differenz $x_1 - x_0$, $\overset{a}{d}y$ durch die endliche Differenz $\overset{a}{\eta}_1 - \overset{a}{y}_0$ ersetzt, und auf der rechten Seite die Substitution $x = x_0$, $\overset{a}{y} = \overset{a}{y}_0$ angewendet wird. Nach den Voraussetzungen (4.) und (4^a.) folgen aus (5.) die Ungleichheiten

$$\left[\overset{a}{\eta}_1 - \overset{a}{y}_0 \right] < \overset{a}{c}_0 (x_1 - x_0) < \overset{a}{b}_0,$$

und diese beweisen, dass das Werthsystem $(x_1, \overset{1}{\eta}_1, \overset{2}{\eta}_1, \dots, \overset{n}{\eta}_1)$ innerhalb des Gebietes H_0 liegt. Man kann nun in gleicher Art eine Reihe von Werthsystemen $(x_{\alpha+1}, \overset{1}{\eta}_{\alpha+1}, \overset{2}{\eta}_{\alpha+1}, \dots, \overset{n}{\eta}_{\alpha+1})$ bilden, indem man in den Gleichungen

$$(5^a) \quad \overset{a}{\eta}_{\alpha+1} - \overset{a}{\eta}_\alpha = \overset{a}{f} (x_\alpha, \overset{1}{\eta}_\alpha, \overset{2}{\eta}_\alpha, \dots, \overset{n}{\eta}_\alpha) (x_{\alpha+1} - x_\alpha)$$

successive $\alpha = 1, 2, \dots, p-1$ setzt, und hat die vollkommene Sicherheit, dass alle diese Werthsysteme in dem Gebiete H_0 eingeschlossen bleiben. Hierauf wird die Theilung des Intervalls in der Weise fortgesetzt, dass zwischen je zwei Werthen x_α und $x_{\alpha+1}$ der Grösse nach die Werthe

$$x_{\alpha,1}, x_{\alpha,2}, \dots, x_{\alpha,q_\alpha-1} < x_{\alpha,q_\alpha} = x_{\alpha+1,0} = x_{\alpha+1}$$

eingeschaltet werden. Nun wendet man die neue Theilung der ganzen Strecke von x_0 bis $x_0 + A_0$ dazu an, um, von dem gegebenen System $(x_0, \overset{1}{y}_0, \overset{2}{y}_0, \dots, \overset{n}{y}_0)$ ausgehend, durch das so eben angegebene Verfahren eine neue Reihe von Werthsystemen zu erzeugen, die selbstverständlich ebenfalls in dem Gebiete H_0 eingeschlossen bleiben. Diese neue Reihe von Werthsystemen $(x_{\alpha,\mu_\alpha}, \overset{1}{\eta}_{\alpha,\mu_\alpha}, \overset{2}{\eta}_{\alpha,\mu_\alpha}, \dots, \overset{n}{\eta}_{\alpha,\mu_\alpha})$ entsteht dadurch, dass in den Gleichungen

$$(6.) \quad \overset{a}{\eta}_{\alpha,\mu_\alpha+1} - \overset{a}{\eta}_{\alpha,\mu_\alpha} = \overset{a}{f} (x_{\alpha,\mu_\alpha}, \overset{1}{\eta}_{\alpha,\mu_\alpha}, \dots, \overset{n}{\eta}_{\alpha,\mu_\alpha}) (x_{\alpha,\mu_\alpha+1} - x_{\alpha,\mu_\alpha})$$

der Reihe nach α gleich den Zahlen von 0 bis $p-1$, μ_α gleich den Zahlen von 0 bis $q_\alpha-1$ gesetzt, und

$$\overset{a}{\eta}_{0,0} = \overset{a}{y}_0, \quad \overset{a}{\eta}_{\alpha,q_\alpha} = \overset{a}{\eta}_{\alpha+1,0}$$

genommen wird. Jetzt kommt es darauf an, zu begründen, dass, wenn die ursprünglich angenommenen Grössen $x_1, x_2, \dots, x_{p-1}$ streng festgehalten werden, und wenn für jedes α die Zahl q_α ohne Ende wächst, und gleichzeitig die Intervalle $x_{\alpha,\mu_\alpha+1} - x_{\alpha,\mu_\alpha}$ nach irgend einem Gesetz immerfort abnehmen, die Werthe

$$\overset{a}{\eta}_{\alpha+1,0} = \overset{a}{y}_{\alpha+1},$$

welche den Werthen der independenten Variabele $x = x_{\alpha+1}$ entsprechen, gegen feste Grenzen convergiren, die von der Art des Wachsens der Zahlen q_α und

dem Gesetz der Abnahme der neuen zwischen $x_0, x_1, \dots, x_{p-1}, x_p$ eingeschalteten Intervalle vollkommen unabhängig sind. Diese Begründung wird sich aber aus dem Umstande ergeben, dass es unter den obwaltenden Verhältnissen immer möglich ist, die festen Grössen $x_1, x_2, \dots, x_{p-1}$ von Hause aus so zu wählen, dass die absoluten Werthe der Differenzen $\overset{a}{y}_{\alpha+1} - \overset{a}{\eta}_{\alpha+1}$ für jedes α kleiner bleiben müssen, als eine beliebig kleine gegebene Grösse.

Wenn man in der Gleichung (6.) successive $\mu_\alpha = 0, 1, 2, \dots, \mu_\alpha$ setzt und die resultirenden Gleichungen addirt, so kommt die neue Gleichung

$$(7.) \quad \overset{a}{\eta}_{\alpha, \mu_\alpha+1} - \overset{a}{\eta}_{\alpha, 0} = \sum_{\mu'_\alpha=0}^{\mu'_\alpha=\mu_\alpha} \overset{a}{f}(x_{\alpha, \mu'_\alpha}, \overset{1}{\eta}_{\alpha, \mu'_\alpha}, \dots, \overset{n}{\eta}_{\alpha, \mu'_\alpha}) (x_{\alpha, \mu'_\alpha+1} - x_{\alpha, \mu'_\alpha}).$$

Dieselbe liefert mittelst der Anwendung von (4.) die Ungleichheit

$$[\overset{a}{\eta}_{\alpha, \mu_\alpha+1} - \overset{a}{\eta}_{\alpha, 0}] < \overset{a}{c}_0 (x_{\alpha, \mu_\alpha+1} - x_{\alpha, 0}) < \overset{a}{c}_0 (x_{\alpha+1} - x_\alpha).$$

Diese Ungleichheit drückt aus, dass die Werthsysteme $(x_{\alpha, \mu_\alpha}, \overset{1}{\eta}_{\alpha, \mu_\alpha}, \dots, \overset{n}{\eta}_{\alpha, \mu_\alpha})$, wenn man den Zeiger α festhält, und den Zeiger μ_α alle Werthe von 0 bis $q_\alpha - 1$ durchlaufen lässt, in ein Gebiet K_α eingeschlossen sind, bei dem die Grenzen für jede der $(n+1)$ Variablen beliebig enge gemacht werden können, wenn man nur die Differenz $x_{\alpha+1} - x_\alpha$ klein genug wählt. Weil nun nach der Voraussetzung die Functionen $\overset{a}{f}$ innerhalb des Gebietes H_α überall stetig sind, so kann die Differenz $x_{\alpha+1} - x_\alpha$ immer so klein angenommen werden, dass jeder in dem Gebiete K_α vorkommende Unterschied von Werthen derselben Function $\overset{a}{f}$ kleiner ist, als eine beliebig kleine gegebene Grösse λ . Wenn wir daher voraussetzen, wie von jetzt ab geschehen soll, dass die Differenzen $x_{\alpha+1} - x_\alpha$ dieser Forderung gemäss gewählt sind (und danach bestimmt sich auch die Anzahl p), und wenn $\overset{a}{\epsilon}_\alpha$ einen positiven oder negativen echten Bruch bedeutet, so giebt die Gleichung (7.), wofern man $\mu_\alpha = q_\alpha - 1$ setzt, das Resultat

$$(8.) \quad \overset{a}{y}_{\alpha+1} - \overset{a}{y}_\alpha = (\overset{a}{f}(x_\alpha, \overset{1}{y}_\alpha, \overset{2}{y}_\alpha, \dots, \overset{n}{y}_\alpha) + \overset{a}{\epsilon}_\alpha \lambda) (x_{\alpha+1} - x_\alpha).$$

Wird von dieser Gleichung die Gleichung (5.) subtrahirt, so entsteht die neue Relation

$$(9.) \quad \overset{a}{y}_{\alpha+1} - \overset{a}{\eta}_{\alpha+1} = \overset{a}{y}_\alpha - \overset{a}{\eta}_\alpha + (\overset{a}{f}(x_\alpha, \overset{1}{y}_\alpha, \overset{2}{y}_\alpha, \dots, \overset{n}{y}_\alpha) - \overset{a}{f}(x_\alpha, \overset{1}{\eta}_\alpha, \overset{2}{\eta}_\alpha, \dots, \overset{n}{\eta}_\alpha) + \overset{a}{\epsilon}_\alpha \lambda) (x_{\alpha+1} - x_\alpha).$$

In Folge von (2.) gilt aber die Beziehung

$$[\overset{a}{f}(x_\alpha, \overset{1}{y}_\alpha, \overset{2}{y}_\alpha, \dots, \overset{n}{y}_\alpha) - \overset{a}{f}(x_\alpha, \overset{1}{\eta}_\alpha, \overset{2}{\eta}_\alpha, \dots, \overset{n}{\eta}_\alpha)] < \overset{a,1}{c} [\overset{1}{y}_\alpha - \overset{1}{\eta}_\alpha] + \overset{a,2}{c} [\overset{2}{y}_\alpha - \overset{2}{\eta}_\alpha] + \dots + \overset{a,n}{c} [\overset{n}{y}_\alpha - \overset{n}{\eta}_\alpha],$$

und deshalb führt die Gleichung (9.), wenn man die Bezeichnung

$$(10.) \quad [y_\alpha - \eta_\alpha] = z_\alpha^a$$

anwendet, zu der Reihe von Ungleichheiten

$$(11.) \quad z_{\alpha+1}^a < z_\alpha^a + \left(c_{\alpha,1}^a z_\alpha^1 + c_{\alpha,2}^a z_\alpha^2 + \dots + c_{\alpha,n}^a z_\alpha^n + \lambda \right) (x_{\alpha+1} - x_\alpha)$$

während man nach der Voraussetzung

$$(11^a.) \quad z_0^a = 0$$

hat. Nun leuchtet es ein, dass, wenn man eine Reihe neuer Grössen u_α^a durch diese recurrirende Folge von Gleichungen bildet

$$(12.) \quad \begin{cases} u_{\alpha+1}^a - u_\alpha^a = \left(c_{\alpha,1}^a u_\alpha^1 + c_{\alpha,2}^a u_\alpha^2 + \dots + c_{\alpha,n}^a u_\alpha^n + \lambda \right) (x_{\alpha+1} - x_\alpha) \\ u_0^a = 0 \end{cases}$$

wo der Buchstabe α wie oben von q bis $p-1$ läuft, die Ungleichheiten

$$(13.) \quad z_{\alpha+1}^a < u_{\alpha+1}^a$$

allgemein gültig sind. Weil es sich aber bei dem zu leistenden Beweise darum handelt, für die Grössen $z_{\alpha+1}^a$ obere Grenzen zu finden, die sich für ein beliebig kleines λ als beliebig klein erweisen, so entsteht die Aufgabe, entweder die Grössen $u_{\alpha+1}^a$ selbst zu bestimmen, oder solche Grössen aufzusuchen, welche die $u_{\alpha+1}^a$ respective übertreffen und dennoch für den erwähnten Zweck geeignet sind. Wir werden es vorziehen, solche Grössen $v_{\alpha+1}^a$ zu ermitteln, welche die $u_{\alpha+1}^a$ respective übertreffen und möglichst einfach jenem Zwecke genügen.

Es bezeichne C einen positiven Werth, der die grösste der n^s Constanten $c_{\alpha,b}^a$ übertrifft, so wird ein System von Grössen v_α^a , das durch die folgende Reihe von Gleichungen bestimmt ist,

$$(12^a.) \quad \begin{cases} v_{\alpha+1}^a - v_\alpha^a = \left(C(v_\alpha^1 + v_\alpha^2 + \dots + v_\alpha^n) + \lambda \right) (x_{\alpha+1} - x_\alpha) \\ v_0^a = 0 \end{cases}$$

ohne Zweifel die Eigenschaft haben, dass für $\alpha=1, 2, 3, \dots, p-1$ die Ungleichheiten

$$(13^a.) \quad u_{\alpha+1}^a < v_{\alpha+1}^a$$

bestehen. Nun folgen aus der ersten Gleichung (12^a.) sogleich die Relationen

$$v_{\alpha+1}^1 - v_\alpha^1 = v_{\alpha+1}^2 - v_\alpha^2 \dots = v_{\alpha+1}^n - v_\alpha^n,$$

und aus der zweiten Gleichung (12^a.) $v_o = 0$ die fernerer Relationen

$$v_o^1 = v_o^2 = \dots = v_o^n.$$

Durch dieselben geht die erste Gleichung (12^a.) in die folgende über

$$v_{\alpha+1}^a - v_{\alpha}^a = (nC v_{\alpha}^a + \lambda) (x_{\alpha+1} - x_{\alpha}),$$

die sich durch Addition der Grösse $\frac{\lambda}{nC}$ so darstellt

$$v_{\alpha+1}^a + \frac{\lambda}{nC} = \left(v_{\alpha}^a + \frac{\lambda}{nC} \right) \left(1 + nC(x_{\alpha+1} - x_{\alpha}) \right).$$

Hieraus entsteht denn die folgende Bestimmung der Grössen $v_{\alpha+1}^a$,

$$(14.) \quad v_{\alpha+1}^a = -\frac{\lambda}{nC} + \frac{\lambda}{nC} (1 + nC(x_1 - x_o)) \dots (1 + nC(x_{\alpha+1} - x_{\alpha})).$$

Man erkennt leicht, dass das auf der rechten Seite dieser Gleichung befindliche Product $(1 + nC(x_1 - x_o)) (1 + nC(x_2 - x_1)) \dots (1 + nC(x_{\alpha+1} - x_{\alpha}))$, weil die Grösse nC positiv ist, einen Werth hat, der ebenfalls positiv und zwar kleiner

$$nC(x_{\alpha+1} - x_o).$$

ist, als der Werth der Exponentialfunction e Aus diesem Grunde

ist $v_{\alpha+1}^a + 1 < -\frac{\lambda}{nC} + \frac{\lambda}{nC} e^{nC(x_{\alpha+1} - x_o)}$. Die Verbindung dieser Bemerkung mit den Ungleichheiten (13.) und (13^a.) führt alsdann zu der Relation

$$(15.) \quad [y_{\alpha+1}^a - \eta_{\alpha+1}^a] = z_{\alpha+1}^a < \frac{nC(x_{\alpha+1} - x_o)}{nC} \cdot \lambda < \frac{nCA_o}{nC} \cdot \lambda,$$

und da der Factor $\frac{-1 + e}{nC}$ einen festen endlichen Werth hat, so rechtfertigt die Relation (15.) die Aussage, dass die Differenzen $[y_{\alpha+1}^a - \eta_{\alpha+1}^a]$ stets beliebig klein bleiben. Denn λ ist ein beliebig kleiner gegebener Werth, von dessen Grösse die Wahl der Intervalle $x_1 - x_o, x_2 - x_1, \dots, x_p - x_{p-1}$ nach einer oben angegebenen Norm abhängt. Weil die Differenzen $[y_{\alpha+1}^a - \eta_{\alpha+1}^a]$ unter allen Umständen beliebig klein bleiben, so convergiren die Grössen $y_{\alpha+1}^a$, welche den festen Werthen der Variable $x = x_{\alpha+1}$ entsprechen, sobald die Zahlen q_{α} ohne Ende wachsen und die neuen Intervalle nach irgend einem Gesetze abnehmen, gegen feste Grenzwerthe, die von der Art der Zunahme der Zahlen q_{α} und dem Gesetz der Abnahme der neuen Intervalle durchaus nicht abhängen. Diese Grenzwerthe stellen aber wegen der Gleichungen (8.)

eine Auflösung des gegebenen Systems von Differentialgleichungen dar, welche für $x = x_0$ die n Gleichungen $\overset{a}{y} = \overset{a}{y}_0$ befriedigt. Hiermit ist die Existenz einer Auflösung, welche die in der ausgesprochenen Behauptung vorgeschriebenen Bedingungen erfüllt, bewiesen, und der erste Theil dieser Behauptung erledigt.

Dass nicht zwei von einander verschiedene Auflösungen des Systems (1.) existiren können, die für $x = x_0$ die Gleichungen $\overset{a}{y} = \overset{a}{y}_0$ befriedigen, und die, wenn x von $x_0 - A_0$ bis $x_0 + A_0$ geht, sich innerhalb des Gebietes H_0 stetig ändern, ergibt sich folgendermassen. Es sei $\overset{a}{y} = \overset{a}{Y}$ eine gegebene Auflösung von der bezeichneten Beschaffenheit, dann kann das Intervall von x_0 bis $x_0 + A_0$, welches auch jetzt allein betrachtet zu werden braucht, durch Einschalten von Werthen $x_1, x_2, \dots, x_{p-1}$, die der Grösse nach geordnet sind, immer so eingetheilt werden, dass, wenn ϵ_α einen positiven oder negativen echten Bruch bedeutet und λ eine beliebig kleine positive gegebene Grösse ist, die Reihe von Gleichungen besteht

$$(16.) \quad \overset{a}{Y}_{\alpha+1} - \overset{a}{Y}_\alpha = \left(\overset{a}{f}(x_\alpha, \overset{a}{Y}_\alpha, \overset{a}{Y}_\alpha, \dots, \overset{a}{Y}_\alpha) + \epsilon_\alpha \lambda \right) (x_{\alpha+1} - x_\alpha),$$

wo das Werthsystem $\overset{a}{y} = \overset{a}{Y}_\alpha$ zu dem Werthe der independenten Variablen $x = x_\alpha$ gehört, und nach der Annahme $\overset{a}{Y}_0 = \overset{a}{y}_0$ ist. Diese Reihe von Gleichungen ist eine unmittelbare Folge der beiden Voraussetzungen, dass das gegebene System von Functionen $\overset{a}{y} = \overset{a}{Y}$ dem System von Differentialgleichungen (1.) genügt, und, wenn die Variable x von $x_0 + A_0$ geht, sich nach der Stetigkeit ändert. Wenn man nun mit den Werthen $x_0, x_1, x_2, \dots, x_{p-1}$ durch die obigen Gleichungen (5.) und (5*) die Reihe der Systeme $\overset{a}{\eta}_\alpha$ bildet, so ist es klar, dass aus der Verbindung dieser Gleichungen mit der Gleichung (16.) genau dieselben Schlüsse in Betreff der Differenzen

$$[\overset{a}{Y}_{\alpha+1} - \overset{a}{\eta}_{\alpha+1}]$$

gezogen werden können, welche früher aus der Verbindung dieser Gleichungen mit der Gleichung (8.) in Betreff der Differenzen

$$[\overset{a}{y}_{\alpha+1} - \overset{a}{\eta}_{\alpha+1}]$$

gezogen worden sind. Denn die Gleichung (16.) geht aus der Gleichung (8.) hervor, wenn man $\overset{a}{Y}_\alpha$ statt $\overset{a}{y}_\alpha$, und $\overset{a}{Y}_{\alpha+1}$ statt $\overset{a}{y}_{\alpha+1}$ schreibt, und es ist nach

der Voraussetzung $\overset{a}{Y}_0 = \overset{a}{y}_0$. Es bleiben deshalb sowohl die Differenzen $[\overset{a}{Y}_{\alpha+1} - \overset{a}{\eta}_{\alpha+1}]$ als auch die Differenzen $[\overset{a}{y}_{\alpha+1} - \overset{a}{\eta}_{\alpha+1}]$ für ein beliebig kleines λ selbst beliebig klein, und weil die Relation besteht

$$[\overset{a}{Y}_{\alpha+1} - \overset{a}{y}_{\alpha+1}] \leq [\overset{a}{Y}_{\alpha+1} - \overset{a}{\eta}_{\alpha+1}] + [\overset{a}{y}_{\alpha+1} - \overset{a}{\eta}_{\alpha+1}],$$

so müssen unter den obwaltenden Verhältnissen die Differenzen $[\overset{a}{Y}_{\alpha+1} - \overset{a}{y}_{\alpha+1}]$ ebenfalls beliebig wenig von der Null verschieden sein. Dadurch wird aber gerade ausgesprochen, dass das gegebene System von Functionen $\overset{a}{Y}_\alpha$, und das durch die entwickelte Methode bei fortgesetztem Wachsen der Zahlen q_α und Abnehmen der neuen Intervalle hervorgerufene System von Functionen $\overset{a}{y}_\alpha$, nicht von einander verschieden sein können; und das war der zweite Theil der aufgestellten Behauptung. Der Beweis derselben ist also vollständig geführt.

Ueber die den Functionen $\overset{a}{f}$ vorgeschriebenen Bedingungen mögen noch einige Bemerkungen hinzugefügt werden. Die Functionen $\overset{a}{f}$ sind bei einer Aenderung der Variabele x und dem Ruhen der n Variabeln $\overset{a}{y}$ nur der Bedingung der Stetigkeit unterworfen

$$(3.) \quad [\overset{a}{f}(h, \overset{1}{l}, \overset{2}{l}, \dots, \overset{n}{l}) - \overset{a}{f}(j, \overset{1}{l}, \overset{2}{l}, \dots, \overset{n}{l})] < \sigma,$$

dagegen unterliegen diese Functionen bei einer Aenderung der n Variabeln $\overset{a}{y}$ und dem Ruhen der Variabele x den Beschränkungen

$$(2.) \quad [\overset{a}{f}(h, \overset{1}{k}, \overset{2}{k}, \dots, \overset{n}{k}) - \overset{a}{f}(h, \overset{1}{l}, \overset{2}{l}, \dots, \overset{n}{l})] < \overset{a,1}{c} [\overset{1}{k} - \overset{1}{l}] + \overset{a,2}{c} [\overset{2}{k} - \overset{2}{l}] + \dots \overset{a,n}{c} [\overset{n}{k} - \overset{n}{l}],$$

die von specieller Art sind. *Die Gültigkeit der angewendeten Beweisführung ist aber an die Art dieser Beschränkung gebunden.* Dies lehrt schon die Betrachtung des Falles, dass die Zahl $n = 1$ ist, und das System (1.) sich auf die einzige Differentialgleichung

$$\frac{dy}{dx} = \overset{1}{f}(x, \overset{1}{y})$$

reducirt. Wenn man nämlich statt der Ungleichheit (2.) die Ungleichheit

$$(2.*) \quad [\overset{1}{f}(h, \overset{1}{k}) - \overset{1}{f}(h, \overset{1}{l})] < \overset{1,1}{c} [\overset{1}{k} - \overset{1}{l}]^\delta$$

voraussetzt, wo δ eine positive unter der Einheit liegende Grösse sein soll¹⁾,

1) Cf. Newton, principia, liber I, sectio I. scholium ad lemma XI.

so führen die angestellten Betrachtungen unter Beibehaltung der oben gebrauchten Zeichen statt zu den Ungleichheiten (11.) zu den folgenden Ungleichheiten

$$(11.*) \quad z_{\alpha+1}^1 < z_{\alpha}^1 + \left(c^1 (z_{\alpha}^1)^{\delta} + \lambda \right) (x_{\alpha+1} - x_{\alpha}),$$

und es ist, wie dort, $z_0^1 = 0$.

Um daher zu erkennen, ob die Grössen $z_{\alpha+1}^1$ bei einem beliebig kleinen λ selbst beliebig klein bleiben müssen, wird man das folgende System von Gleichungen zur Bestimmung von neuen Grössen u_{α} bilden,

$$(12.*) \quad u_{\alpha+1} - u_{\alpha} = \left(c^1 u_{\alpha}^{\delta} + \lambda \right) (x_{\alpha+1} - x_{\alpha}), \quad u_0 = 0,$$

für welche wieder die Ungleichheiten

$$(13.*) \quad z_{\alpha+1}^1 < u_{\alpha+1}$$

bestehn, und untersuchen, ob diese Grössen u_{α} bei einem beliebig kleinen λ beliebig klein bleiben müssen oder nicht. Wäre das erstere der Fall, so würde mit Hülfe der Ungleichheiten (13.*) der Beweis, wie oben, zu Ende geführt werden können. Weil aber, wie sogleich erhellen wird, das zweite der Fall ist, so kann der in Rede stehende Beweis nicht geliefert werden. Es ist festgesetzt worden, dass die Intervalle $x_1 - x_0, x_2 - x_1, \dots, x_p - x_{p-1}$ so klein angenommen werden, dass der Unterschied von je zwei Werthen der Function $f^1(x, y)$ in einem Gebiete K_{α} , wo die Differenz von je zwei Werthen x kleiner ist, als die Grösse $x_{\alpha+1} - x_{\alpha}$, und die Differenz von je zwei Werthen y kleiner ist als die Grösse $c_{\alpha}^1 (x_{\alpha+1} - x_{\alpha})$, kleiner sei als der gegebene Werth λ . Aus diesem Grunde darf es nicht versagt sein, sobald die Grösse λ gegeben ist, die Intervalle $x_1 - x_0, x_2 - x_1, \dots, x_p - x_{p-1}$ zuerst so zu wählen, dass sie dieser Forderung überhaupt genügen, und dieselben dann noch weit kleiner anzunehmen, wodurch sie der Forderung um so mehr entsprechen müssen. Denkt man sich, dass dies geschehen sei, und dass x_{α} eine Grösse von festem Werthe bedeute, so wird in Folge der Gleichungen (12.*) die Beziehung zwischen diesem x_{α} und dem zugehörigen u_{α} mit beliebiger Genauigkeit durch die folgende Gleichung darstellt

$$x_{\alpha} - x_0 = \int_0^{u_{\alpha}} \frac{du}{c^1 u^{\delta} + \lambda}.$$

Hieraus folgt aber die Relation

$$x_\alpha - x_0 < \int_0^{u_\alpha} \frac{du}{c u^\delta} = \frac{1}{c(-\delta+1)} u_\alpha^{-\delta+1},$$

und durch Umkehrung die Ungleichheit

$$u_\alpha > ((-\delta+1) \frac{1}{c} (x_\alpha - x_0))^{-\frac{1}{-\delta+1}},$$

und diese zeigt, dass die Grösse u_α für ein beliebig kleines λ keineswegs beliebig klein bleibt; die Ungleichheiten (13.*) gestatten also nicht, einen Schluss auf die Grösse der Werthe $z_{\alpha+1}$ zu ziehen.

Es leuchtet ein, dass die Ungleichheiten (2.) immer erfüllt sind, wenn die Functionen $\overset{a}{f}$ für alle Werthverbindungen des Gebietes G in Bezug auf die n Variabeln $\overset{a}{y}$ eindeutig bestimmte, endliche und stetige erste partielle Differentialquotienten haben. Denn unter dieser Voraussetzung kann die Differenz $\overset{a}{f}(h, \overset{1}{k}, \overset{2}{k}, \dots, \overset{n}{k}) - \overset{a}{f}(h, \overset{1}{l}, \overset{2}{l}, \dots, \overset{n}{l})$ durch die Restbestimmung des Taylor'schen Satzes in einer Form dargestellt werden, aus welcher die Ungleichheiten (2.) folgen. Dagegen kann nicht umgekehrt aus diesen die in Rede stehende Beschaffenheit der partiellen Differentialquotienten geschlossen werden.

In dem Falle, dass die Functionen $\overset{a}{f}$ die Variablen $\overset{a}{y}$ nicht enthalten, bleibt für diese Functionen $\overset{a}{f}(x)$ nur die Bedingung übrig, eindeutig bestimmt, endlich und in Bezug auf die Variable x stetig zu sein, und jede der n Gleichungen des Systems (1.) enthält nur je eine der Variablen $\overset{a}{y}$. Alsdann kann man das Resultat der angestellten Untersuchung, welches in

die Bestimmung $\overset{a}{y} - \overset{a}{y}_0 = \int_{x_0}^x \overset{a}{f}(\xi) d\xi$ übergeht, in die beiden Sätze auflösen, dass

das Integral $\int_{x_0}^x \overset{a}{f}(\xi) d\xi$ einen bestimmten Sinn habe, und dass der nach der

obern Grenze x genommene Differentialquotient desselben gleich dem Functionalwerthe $\overset{a}{f}(x)$ sei. Durch die aus dem Nachlasse von Riemann publi-

cirte Abhandlung über die Darstellbarkeit einer Function durch eine trigonometrische Reihe ist bekannt geworden, dass auch unter einer allgemeineren Voraussetzung, als der Voraussetzung der Stetigkeit, der Begriff des bestimmten Integrals eine klare Bedeutung habe. Diese Voraussetzung ist am angeführten Orte für ein bestimmtes Integral mit zwei festen Grenzen ausgesprochen, und lautet, wenn man die Function $\overset{a}{f}(x)$, die untere Grenze x_0 , die obere Grenze $x_0 + A_0$ nennt, wie folgt. Die Function $\overset{a}{f}(x)$ muss für alle Werthe von $x = x_0$ bis $x = x_0 + A_0$ endlich sein, und die Eigenschaft haben, dass bei einer Theilung des Intervalls durch die ihrer Grösse nach auf einander folgenden Werthe $x_1, x_2, x_3 \dots x_{p-1}$, und bei unendlichem Abnehmen sämmtlicher Grössen $x_{\alpha+1} - x_\alpha$, die Gesamtgrösse s der Intervalle, in welchen Schwankungen der Functionen $\overset{a}{f}(x)$, grösser als eine gegebene Grösse σ , sind, stets zuletzt unendlich klein wird. Wir wollen nun annehmen, dass diese Voraussetzung bei unsern Functionen $\overset{a}{f}(x)$ an die Stelle der Voraussetzung der Stetigkeit trete, und beachten, was daraus folgt. Es ist klar,

dass alsdann für das Integral $\int_{x_0}^x \overset{a}{f}(\xi) d\xi$ mit der untern Grenze x_0 und einer

obern Grenze x , die zwischen x_0 und $x_0 + A_0$ liegt, die entsprechende Voraussetzung erfüllt ist, und diese begründet den ersten der erwähnten Sätze,

dass das Integral $\int_{x_0}^x \overset{a}{f}(\xi) d\xi$ einen bestimmten Sinn habe. Allein die ange-

nommene Voraussetzung hat, soviel ich sehe, nicht den zweiten der erwähnten Sätze zur nothwendigen Folge, welcher aussagt, dass der nach der oberen Grenze des Integrals genommene Differentialquotient desselben gleich dem der oberen Grenze entsprechenden Werthe der Function sei. Aus diesem Grunde habe ich geglaubt, bei der vorliegenden Frage, welche sich auf die

Integration der Differentialgleichung $\frac{dy}{dx} = \overset{a}{f}(x)$ bezieht, die Voraussetzung

der Stetigkeit für die Function $\overset{a}{f}(x)$ nicht entbehren zu können.

Die vorliegende allgemeine Untersuchung des Systems von Differentialgleichungen (1.) lässt sich für die Theorie der isoperimetrischen Probleme

nutzbar machen, die den Gegenstand der in der Anmerkung zu Seite 46 erwähnten Abhandlung, Journal für Mathematik, Bd. LXV, pag. 26, bilden. Dasselbst sind $y_1, y_2, \dots, y_\sigma$ zu bestimmende Functionen der unabhängigen Veränderlichen x , f ist eine gegebene Function der Grössen x und $y_{a,b}$, wo a die Zahlenreihe von 1 bis σ , b die Zahlenreihe von 1 bis n durchläuft, ferner $y_{a,0} = y_a$, für $b \geq 1$ aber $y_{a,b} = \frac{d^b y_a}{dx^b}$ ist, und es handelt sich um die Variation des Integrals $V = \int_P f dx$. Setzt man, wie dort

$$F_{a,2n-b} = \frac{\partial f}{\partial y_{a,b}} - \frac{d}{dx} \frac{\partial f}{\partial y_{a,b+1}} + \dots + (-1)^{n-b} \frac{d^{n-b}}{dx^{n-b}} \frac{\partial f}{\partial y_{a,n}}$$

so ist

$$(I.) \quad F_{a,2n} = 0$$

das System der zu jenem Variationsproblem gehörenden σ Differentialgleichungen. Wofern nun die Determinante $\Delta = \Sigma + \frac{\partial^2 f}{\partial y_{1,n} \partial y_{1,n}} \frac{\partial^2 f}{\partial y_{2,n} \partial y_{2,n}} \dots \frac{\partial^2 f}{\partial y_{\sigma,n} \partial y_{\sigma,n}}$ nicht verschwindet, so kann dieses System von Differentialgleichungen in die folgende Gestalt gebracht werden¹⁾, bei welcher die Grössen $y_a, y_{a,1}, \dots, y_{a,n-1}$ und $F_{a,n}, F_{a,n+1}, \dots, F_{a,2n-1}$ als dependente Variabele auftreten, und welche mit der Gestalt unseres Systems (I.) übereinstimmt,

$$(II.) \quad \begin{cases} \frac{dy_a}{dx} = \frac{\partial H}{\partial F_{a,2n-1}}, \dots, \frac{dy_{a,n-1}}{dx} = \frac{\partial H}{\partial F_{a,n}}, \\ \frac{dF_{a,2n-1}}{dx} = -\frac{\partial H}{\partial y_a}, \dots, \frac{dF_{a,n}}{dx} = -\frac{\partial H}{\partial y_{a,n-1}}. \end{cases}$$

Die Function H hat hier den Ausdruck

$$H = \sum_{a=1}^{a=\sigma} (F_{a,2n-1} y_{a,1} + \dots + F_{a,n} y_{a,n}) - f.$$

Die gegenwärtige Untersuchung liefert jetzt das Resultat, dass unter den entwickelten Bedingungen eine Auflösung des Systems (II.) existiren muss, bei der die neuen dependenten Variabeln für $x = x_0$ beziehungsweise gleich den vorgeschriebenen constanten Werthen $y_a(0), y_{a,1}(0) \dots y_{a,n-1}(0)$ und $F_{a,n}(0), F_{a,n+1}(0) \dots F_{a,2n-1}(0)$ sind, und eine solche Auflösung ist, vermöge der Formeln (28.) des genannten Aufsatzes, bei der daselbst ausgeführten Umformung der zweiten Variation des Integrals V vorausgesetzt.

1) Jacobi, theoria novi multiplicatoris systemati aequationum differentialium vulgarium applicandi, Journ. f. Mathemat., Bd. XXIX, p. 365. Jacobi, nova methodus, aequationis differentiales partiales primi ordinis inter numerum variabilium quemcunque propositas integrandi, Journ. f. Mathem., Bd. LX, p. 159.

Ueber die Urform des menschlichen Schädels.

Von

Dr. Hermann Schaaffhausen.

Wenn der Mensch keine Ausnahme von dem grossen Naturgesetze macht, welches nicht nur eine mannigfaltige und stetig fortdauernde Aenderung der Lebensformen durch Anpassung an neue Lebensbedingungen hervorbringt, sondern uns auch eine im Schöpfungsplane vorgesehene fortschreitende Entwicklung von niedern Bildungen zu höheren, vom Wirbellosen zum Wirbelthier, vom Fisch zum Amphibium, von diesem zum Vogel oder Säugethiere zeigt, so muss die menschliche Form sich aus einer minder vollkommenen, aus einer auf der Stufenleiter des Lebens tiefer stehenden Organisation entwickelt haben, ähnlich der, welche wir bei den uns am nächsten stehenden Thieren in der gegenwärtigen Schöpfung noch finden. Diese Ansicht wird um so sicherer begründet erscheinen, wenn wir sehen, dass die Merkmale höherer Bildung, welche den Menschen von den ihm am meisten ähnlichen Säugethiern, den anthropoiden Affen, unterscheiden, keineswegs als ein unveränderlicher und feststehender Typus ihm zukommen, sondern vielmehr in einem verschiednen Grade bei den einzelnen Menschenstämmen vorhanden sind, womit die allmähliche Entwicklung dieser Eigenschaften uns deutlich vor die Augen geführt wird. Hierbei drängt sich uns die Frage auf, ob die ältesten menschlichen Ueberreste aus einer vorgeschichtlichen Zeit, die also dem Ursprunge unseres Geschlechtes näher liegt, Zeichen einer solchen tieferen Organisation erkennen lassen. Wenn dieses der Fall wäre, so würde dieser Umstand als eine neue und wichtige Stütze für die auch aus andern Beobachtungen gefolgerte Annahme eines natürlichen Ursprungs des Menschen zu betrachten sein. Wenn sie sich nicht fänden, so würde man immer vermuthen dürfen, dass die bis jetzt gefundenen ältesten Ueberreste noch nicht

in eine so ferne Zeit zurückreichen, dass daran eine erhebliche Abweichung von der gegenwärtigen Organisation des Menschen erkennbar wäre, oder auch nur eine solche von der Bildung des civilisirten Menschen abweichende niedere Organisation, wie sie uns bei den auf der tiefsten Stufe menschlichen Daseins lebenden heutigen Wilden begegnet. Bedenkt man, dass nur ausnahmsweise aus den Gräbern der Vorwelt menschliche Gebeine zu Tage gefördert wurden, so ist es im höchsten Grade auffallend, dass schon diese geringe Zahl fossiler menschlicher Knochen solche Zeichen niederer Bildung aufweist und zwar in Gegenden, welche jetzt von den am meisten civilisirten Völkern bewohnt sind. Aber, man muss es laut hervorheben, auch der Beweis, dass die Körperbildung des Urmenschen in einzelnen Theilen noch unter der unserer rohesten Wilden steht, ist in unsern Händen. Die Bildung der Stirne des Neanderthaler Schädels, das Gebiss und die Form des Unterkiefers von la Naulette, der Prognathismus einiger kindlicher Kiefer aus der Steinzeit Westeuropas übertreffen in der That an Thierähnlichkeit das, was die lebenden Wilden in dieser Art beobachten lassen.

Man darf es versuchen, solche Merkmale, wie sie einzeln an einem und dem andern Körpertheile bereits in mehreren Fällen beobachtet sind, zusammenzustellen, um gleichsam das vollständige Bild des Urmenschen vor unserm Blicke entstehen zu lassen. Für nur zufällige Ausnahmen von der normalen Bildung kann man solche Merkmale nicht halten, wiewohl diese Ansicht bei der ersten Beobachtung solcher Vorkommnisse die gewöhnliche war, denn diese Eigenthümlichkeiten in der Organisation des vorgeschichtlichen Menschen treten nicht als Ausnahme sondern als Regel auf, und, was das Entscheidende für ihre Gesetzmässigkeit ist, sie haben zum grössten Theile einen fötalen Charakter, sie bezeichnen einen früheren Entwicklungszustand. Häufig stehen sie auch in gegenseitiger Abhängigkeit, ein Merkmal bedingt das andere nach dem Gesetz der Harmonie oder Coexistenz, welches die Bildung aller lebenden Körper beherrscht. Mit der fliehenden Stirne eines Schädels trifft man in der Regel ein stark vorgeschobenes Gebiss, grosse Zähne, hochgehende Schläfenlinie, stark entwickelte Hinterhauptsgräte, einfache Schädelnähte, geringen Schädelinhalt.

Ich beschränke mich darauf, von einer grösseren Zahl sehr alter und roh gebildeter Schädel die auffallenden Abweichungen von der gewöhnlichen Form zusammenzustellen und sie mit der Bildung der niedersten Rassen zu

vergleichen, um so eine Vorstellung von der Urform des menschlichen Schädels zu gewinnen, wie wir sie freilich als ein Ganzes noch nicht unter den Trümmern der Vorwelt gefunden haben, wie wir sie aber eines Tages gewiss noch finden werden. Es würde nicht schwer sein, in ähnlicher Weise auch für die andern Theile des Skelettes die ursprüngliche Form zu bestimmen. Doch sind wir zu dieser Kenntniss weniger durch fossile Funde als durch die Betrachtung des Körperbaues der lebenden Wilden gelangt, welche den tieferen Stand ihrer Organisation nicht nur durch die angegebenen Eigenthümlichkeiten des Schädelbaues, sondern auch durch ein anderes Verhältniss der Länge der einzelnen Extremitätenknochen, durch die von vorn nach hinten verlängerte Form des Thorax, die geringere Drehung des Oberarmbeins, wodurch der Gelenkkopf mehr nach hinten gerichtet bleibt, die Durchbohrung der Ellenbogengrube desselben Knochens, das schmalere Becken mit mehr aufgerichteten Darmbeinen, das am Fusse mehr nach hinten vorspringende Fersenbein, den der thierischen Bildung näher stehenden Kehlkopf und noch durch andere Merkmale verrathen.

Zunächst fällt uns an den meisten Schädeln der ältesten Vorzeit die Dicke der Schädelknochen auf, die man zum Theil wohl von der stärkeren Muskelwirkung ableiten darf, aber wohl auch von einer Lebensweise, die den phosphorsauren Kalk für die Ernährung der Knochen in überflüssiger Menge liefert. Die anthropoiden Affen haben stärkere Schädelknochen als sie beim Menschen gewöhnlich sind, und viele wilde Völker, wie einige Negerstämme, die Eskimos und die Australier pflegen sehr dicke und feste Schädeldecken zu haben. Diese dichte Beschaffenheit des Knochengewebes scheint der mongolischen Rasse zu fehlen. Es hat Herodot¹⁾ schon die weichen Schädel der Perser angeführt und die Härte der Köpfe der Aegypter dem Umstand zugeschrieben, dass diese stets mit unbedecktem kurz geschorenen Kopfe gingen. Nicht selten findet man Mongolenschädel mit dicken Knochen, an ihnen ist die Diploe besonders stark und weitzellig entwickelt, die Knochen sind dick ohne fest und schwer zu sein. Aehnliche Schädel, ächte Brachycephalen aus der Steinzeit, sind in Westfalen bei Uelde gefunden, sie gleichen in der allgemeinen Form den in Belgien gefundenen Schädeln aus der Rennthierzeit. Verrathen sie durch diese Eigenthümlichkeit vielleicht schon ihren asiatischen Ursprung? Es sei hier noch bemerkt, dass Blu-

1) Lib. III, cap. 12.

menbach¹⁾ einen sehr festen, dicken und schweren Botokudenschädel den dem Orangutang ähnlichsten Schädel seiner ganzen Sammlung nennt, wenn auch einige Aethiopenschädel einen mehr vorspringenden Oberkiefer hätten.

Kleinheit der Schädelhöhle ist eine zweite Eigenschaft des in der Entwicklung zurückgebliebenen Schädels, sie kann auch bei scheinbar günstigen Maassen der Schädeldurchmesser vorhanden sein, weil dicke Schädelknochen oder vorstehende Scheitelhöcker das Breitenmaass und starkes Vortreten der Glabella oder der Hinterhauptsleiste das Längenmaass vergrössern. Eine enge Schädelhöhle deutet auf geringe Entwicklung des Gehirns, dessen Windungen weniger zahlreich, einfacher und mehr vorspringend sind. Der Ausguss des Engis- und noch mehr der des Neanderthaler Schädels, die Schädelausgüsse des Negers und Australiers zeigen diese schon von Gratiolet hervorgehobene Eigenthümlichkeit.

Die lange und schmale, fast walzenförmige Gestalt, die sich an den meisten alten Schädeln des westlichen und nördlichen Europa, auch des nördlichen Afrika findet, die ausgesprochenste Dolichocephalie, darf desshalb für eine unvollkommene und primitive Form gehalten werden, weil, wie Beobachtungen gezeigt haben, die denselben Schädel während seines Wachstums verfolgten, der Schädel seine letzte, der Zunahme der Intelligenz entsprechende Vergrösserung durch eine Entwicklung in die Breite erfährt. Nur scheinbar macht die mongolische Rasse, deren Köpfe breiter sind als die der Europäer, eine Ausnahme von dem Gesetze, dass die geistige Begabung sich vorzugsweise in der Breite des Schädels ausspricht, denn die grösste Breite des brachycephalen Mongolenschädels liegt zwischen den Scheitelhöckern, die Breite aber, welche eine Beziehung zu der Geistesfähigkeit hat, liegt über der Schädelbasis. Gegen die angeführte Deutung der langen Schädel scheint auch der Umstand zu sprechen, dass verschiedene alte Schädelfunde in Skandinavien wie im westlichen Europa zu der Ansicht geführt haben, die älteste Rasse dieser Länder sei eine den heutigen Lappen ähnliche brachycephale gewesen, die wie dieser Volksstamm in Gesellschaft des Rennthiers lebte und bis in das südliche Europa sich verbreitet hatte. Aber der Schädel aus dem Neanderthal wie der von Engis, die man nach den Umständen der Auffindung für ebenso alt, wenn nicht für älter halten darf als die Rennthiirmenschen, sind lange Schädel. Auch in England behauptet

1) Decas VI coll. suae cranior. div. gent. ill. Goetting. 1820. No. LVIII.

man nach Gräberfunden, dass die dolichocephale Rasse älter als die brachycephale sei. Bleibt auch die zeitliche Folge von Völkern eines verschiedenen Typus, und, wie wir schliessen dürfen, einer verschiedenen Abstammung in Europa noch zweifelhaft, so ist doch gewiss, dass, was die anatomischen Merkmale betrifft, der dolichocephale Typus dieser alten Schädel tiefer steht als der brachycephale und also für ursprünglicher gehalten werden darf. Aber es ist möglich, dass er später in Europa eingewandert ist. Wie es in der Geschichte sich oft begeben hat, so kann auch in jenen ältesten Zeiten eine rohere aber körperlich kräftigere Rasse ein schwächeres Nomadenvolk überwunden und sich allmählich über seine Wohnsitze ausgebreitet haben.

Es giebt eine ganze Reihe von Thatsachen, welche beweisen, dass eine sehr hervortretende Dolichocephalie eine ursprüngliche, noch wenig entwickelte Form des menschlichen Schädels ist. Wir sehen dieselbe abnehmen mit dem Fortschritte der Civilisation, wie es Broca für die Bevölkerung von Frankreich gefunden hat. Dieselbe Beobachtung ist für Deutschland gemacht, wo die alten Germanen zur Zeit der Kriege mit den Römern Dolichocephalen sind, und sich in ihrem Schädelbau so wenig von dem celtischen oder gallischen Typus unterscheiden, dass man daraus auf die nahe Verwandtschaft dieser Volksstämme schliessen muss. Aber heute erscheinen die meisten Deutschen, wie es die Beobachtungen von Welcker zuerst auf bestimmte Weise zeigten, als Brachycephalen oder Mesocephalen, welche zwischen der langen und kurzen Schädelform die Mitte halten. Ecker¹⁾ fand dasselbe Ergebniss, als er die alten Alemannen mit den heutigen Schwaben, ihren Nachkommen, verglich; die Schädel dieses Volksstammes sind weniger lang aber breiter geworden. Ich selbst²⁾ habe nachweisen können, dass der menschliche Schädel bei seinem Wachsthum am längsten fortfährt sich in die Breite auszudehnen, woraus schon gefolgert werden kann, dass der Breitendurchmesser des Schädels am meisten der intellektuellen Entwicklung des Gehirnes entspricht. Dieser Zusammenhang ergibt sich auch aus folgender Betrachtung. Wenn wir das Gehirn eines rohen Negers oder Australiers mit dem eines gebildeten Europäers, sogar mit dem eines Menschen von hervorragenden Geistesgaben vergleichen, so fällt es

1) *Crania Germaniae merid. occid.* Freib. i. B. 1865, p. 82.

2) Amtl. Bericht über die 40. Vers. deutscher Naturf. u. Aerzte zu Hannover im Sept. 1865, p. 242.

uns auf, dass diese Gehirne am wenigsten verschieden sind in ihrer Länge und am meisten in ihrer Breite. Die Behauptung ist also wohl begründet, dass die verlängerte und schmale, zuweilen fast cylindrische Form des menschlichen Schädels eine rohe und ursprüngliche ist, welche allmählich verschwindet in dem Maasse, als das Gehirn durch Entwicklung an Grösse und zumeist an Breite zunimmt. Diese primitiven dolichocephalen Schädel haben eine enge, niedrige und fliehende Stirn, die Gegend der Pfeilnaht und oft selbst die Stirnnaht ist etwas vorspringend, was dem Scheitel eine kahnförmige Gestalt giebt; die Schläfenschuppe ist niedrig, aber von hinten nach vorn verlängert, so dass sie zuweilen das Stirnbein erreicht, indem sie sich zwischen das Scheitelbein und den grossen Keilbeinflügel einschiebt, wie es beim Neger häufig beobachtet wird, aber auch beim Australier, beim Mongolen und alten Peruaner vorkommt. Dieselbe Verbindung der Schläfenschuppe mit dem Stirnbein wird bei den anthropoiden Affen, dem Chimpansi und Gorilla, seltner beim Orangutang gesehen, wo sie aber keineswegs fehlt¹⁾, wie Cuvier und M. I. Weber geglaubt hatten. Aus dem Verhalten der Schläfenschuppe zeigt sich recht deutlich, wie die einzelnen Schädelknochen an der Gesamtform des Schädels Antheil nehmen oder vielmehr sie bedingen. Ist der Schädel hoch und geräumig, so reicht auch die Schläfenschuppe hoch hinauf und ihr oberer Umriss ist kreisförmig; ist der Schädel flach oder lang und schmal, so ist auch die Schuppe von vorn nach hinten verlängert und ihr oberer Rand fast gerade verlaufend; so findet es sich bei den anthropoiden Affen, beim Neger und Australier, auch am Neanderthaler Schädel und an den stark dolichocephalen Schädeln altgermanischer Gräber. Dass der Orang seltner die bis zum Stirnbein verlängerte Schläfenschuppe hat, als die andern grossen Affen, ist gewiss durch seine mehr brachycephale Schädelform bedingt. Vergleicht man mit dem menschlichen Schädel einen Säugethierschädel, etwa den des Hundes, so bemerkt man, dass an der Verkleinerung des Schädelraumes bei diesem die Knochen der Schädeldecke in ungleicher Weise betheiligt sind. Das Stirnbein ist in seiner Länge verhältnissmässig wenig verändert, es drängt sich mit seiner obern Spitze an manchen Säugethierschädeln sogar zwischen die Scheitelbeine hinein, aber es ist flach und schmal; schon erheblich verkürzt ist die Pfeilnaht der

1) R. Owen. On the osteology of the Chimpanzee and Orang Utan. p. 357. und C. B. Brühl, Zur Kenntniss des Orangkopfes und der Orangarten. Wien 1856. p. 11.

Scheitelbeine, diese selbst aber bleiben die am meisten gekrümmten und die grössten Knochen der Schädeldecke. Die Schläfenschuppe ist niedrig und ihr oberer Rand gerade verlaufend. Am meisten verkürzt ist die Schuppe des Hinterhauptbeines, die in Gestalt eines schmalen Knochenkammes zwischen die Scheitelbeine eingeschoben ist. Fast dieselben Abweichungen von der menschlichen Bildung zeigt auch noch der Schädel der grossen Affen. Es sind desshalb die am Schädel niederer Rassen vorkommenden Merkmale, ein schmales und liegendes Stirnbein, eine kurze Pfeilnaht, eine niedrige Schläfenschuppe, eine kurze Hinterhauptschuppe, deren oberer Rand dann einen mehr flachen Bogen bildet, als Annäherungen an die thierische Bildung zu betrachten und es stehen dieselben untereinander in einem organischen Zusammenhang. Springt die Hinterhauptschuppe kugelig vor, welche Eigenthümlichkeit an celtischen und altgermanischen Schädeln oft gesehen wird, so ist auch dieses ein Zeichen gehemmter Entwicklung, und wie das starke Vorspringen der Scheitelhöcker, ein Stehenbleiben der kindlichen Form. Am genauesten hat Welcker¹⁾ es verfolgt, wie beim Wachsthum des Schädels sich die Knochen der Schädeldecke mehr und mehr abflachen und so den Innenraum des Schädels vergrössern, und mit Recht leitet er die dadurch gleichmässiger werdende Wölbung desselben vom Drucke des wachsenden Gehirnes ab. Nicht selten findet man an Schädeln von roher Bildung die Seiten des Schädels unter den Scheitelhöckern bis in die Schläfengegend eine fast ebene Fläche bilden, auch das ist eine kindliche Form, auf die schon Meckel aufmerksam machte, indem er bemerkte, dass an den Deckknochen des Kindesschädels von den stark vorspringenden Verknöcherungspunkten aus, der obere und untere Theil beinahe unter einem rechten Winkel abgehen. Selten sind bei Schädeln roher Form die Scheitelhöcker verstrichen, in den meisten Fällen sind sie vorstehend, wie beim Neugeborenen und wie am weiblichen Schädel, der auch noch in anderer Hinsicht kindliche Züge bewahrt hat. In diesen Fällen liegt die grösste Schädelbreite zwischen den Scheitelhöckern. So findet es sich an den Schädeln der Australier und an vielen rohen Schädeln der Vorzeit, z. B. dem aus der Höhle von Engis. Eine grosse Interparietalbreite beweist deshalb nichts für die gute Entwicklung des Gehirnes, sie ist im Gegentheil ein Zeichen der gehemmten Bildung. Auch der Malayenschädel mit seiner

1) Untersuchungen über Wachsthum und Bau des menschl. Schädels. Lpzg. 1862, p. 5.

abgerundeten Form hat seine grösste Breite zwischen den Scheitelhöckern, aber gegen die Schädelbasis hin verschmälert er sich und giebt sich damit wie durch andere Merkmale als eine rohe Form des brachycephalen Typus zu erkennen. Bereits im Jahre 1828 sprach es Mayer¹⁾ aus, dass der malayische Schädel dem Typus des Orangutangschädels nachgebildet sei. Später²⁾ beschrieb er an dem Schädel einer Malayin einen Sinus pterygoideus und einen Sinus jugalis als eine Art von Thierbildung und bezeichnete auch das dem niedern Malayenschädel eigenthümliche Einsinken der Nasenbucht mit Verkümmern der Nasenbeine wobei die Stirnhöhlen verschwinden, sowie das Vorschieben der Kiefergebilde, als Merkmale jenes Affen. Einmal fand er an einem Malayenschädel aus Nukahiva die Nasenbeine gänzlich mangeln; an einem zweiten waren die verkümmerten Nasenbeine mit dem Oberkiefer so verwachsen, dass sie ganz zu fehlen schienen. Er bemerkt noch, dass dem Negerschädel sowohl diese Verkümmern der Nasengebilde als der hohe und breite Hinterkopf fehle. Es kommen aber bis auf ein kleines Knöchelchen verkümmerte Nasenbeine auch beim Neger vor. Leuckart³⁾ beschreibt solche an zwei Negerschädeln der Blumenbach'schen Sammlung. Auch bei den Hottentotten sind die Nasenbeine oft zu einer kleinen Schuppe verschmolzen. Doch führt auch Leuckart an, dass die Bildung der Nasenbeine eines Japanesen der des Orangutang gleiche. Dasselbe gilt von einem Kafferschädel der Vrolik'schen Sammlung in Amsterdam. Auch Sömmerring⁴⁾ fand einen Marquesanerschädel von der Insel Nukahiva dem Affen am meisten ähnlich.

Es ist leicht begreiflich, dass, wenn zu der Bildung des Malayenschädels noch eine krankhafte Hemmung der Hirnthätigkeit hinzukommt, eine menschliche Schädelform entsteht, welche den thierischen Typus in überraschender Weise erkennen lässt. Dieses ist der Fall bei dem Schädel einer blödsinnigen Malayin, den mir 1863 Halbertsma in Leyden zeigte und den er später beschrieben hat⁵⁾. Doch war in diesem Falle der Innenraum des

1) v. Meckel, Neues Archiv für Physiologie, 1828, p. 437.

2) Organ für die gesammte Heilkunde, Bonn, I 1841, p. 114.

3) D'Alton und Burmeister, Zeitung für Zoologie u. s. w. I 1848, p. 57.

4) Catalog. Mus. Anat. qu. coll. S. Th. de Sömmerring, Francof. 1830, und Neue Denkschrift der Societät zu Erlangen, I, 2.

5) H. J. Halbertsma, Beschrijving van een Oost-Indischen Idiotenschedel. Nederl. Tijdschr. v. Geneesk. Jaarg. 1864.

verdickten Schädels nicht sehr beschränkt, es war also nicht eine gehemmte Hirnentwicklung in dem Maasse vorhanden wie sie bei andern Mikrocephalen bekannt ist. Während Halbertsma an 8 weiblichen Malayenschädeln als Mittel für den Schädelinhalt 1306 C. Cm. fand, betrug er bei der Idiotin 1265, beim Orangutang aber nur 340 C. Cm. Die unvollkommene Bildung sprach sich aber ausserdem auch hier in der Schmalheit und Länge des Schädels, in dem starken Prognathismus, in der Grösse des Gesichtstheiles, ferner in dem elliptischen Zahnbogen des Oberkiefers, der kurzen Hinterhauptschuppe der grossen und hoch hinaufreichenden Ansatzfläche des Schläfenmuskels und den wenig gekrümmten Nähten aus. Halbertsma schliesst seine Beschreibung mit der Betrachtung, dass dieser Schädel zeige, wie sehr die menschliche Form in den thierischen Typus zurückfallen könne, und dass diese Abweichung sich nicht in einem einzelnen Theile, sondern in dem ganzen Bau des Schädels ausspreche. Eigenschaften, die dieser Idiotenschädel im äussersten Maasse besitzt, fehlen in minderm Grade aber auch andern gewöhnlichen Malayenschädeln nicht, und beweisen, dass es ausser der primitiven dolichocephalen auch eine niedere Form des brachycephalen Schädels giebt. Der allgemeine Umriss beider ist verschieden, sie scheinen einer verschiedenen Wurzel entsprossen; die gehemmte Entwicklung oder die tiefer stehende Organisation spricht sich aber bei beiden in einzelnen übereinstimmenden Zügen aus. Berücksichtigt man diese Bedeutung des Malayenschädels, so erscheint es ganz unstatthaft, ihn für eine Mischform zu halten, und als Rasse nicht mehr gelten zu lassen. Er hat mehr Anspruch auf diese Benennung als die amerikanische oder kaukasische Rasse. Wenn man ganz absieht von den Veränderungen, welche der menschliche Schädel durch die Cultur erleidet, so bleiben zwei rohe Typen übrig, der dolichocephale und der brachycephale Schädel, für deren gemeinsamen Ursprung wir keine That- sache beibringen können, deren verschiedene Herkunft aber aus dem Um- stande geschlossen werden darf, dass diejenigen Gegenden der Erde, in denen die genannten Schädeltypen am ausgeprägtesten sich finden, das äqua- toriale Afrika und Südasien auch die Heimath zweier Arten anthropoider Affen sind, die in ganz entsprechender Weise im Schädelbau verschieden sind. Auch wer aus dieser Thatsache keinen Schluss in Bezug auf den Ur- sprung des Menschen ziehen will, wird doch die Analogie der Bildung in diesem Falle gelten lassen müssen, und wird sie vielleicht durch gleiche klimatische Ursachen erklären wollen. Zuerst hat Duvernoy den dolichoce-

phalen Chimpansi dem brachycephalen Orangutang gegenüber gestellt. Agassiz hatte hervorgehoben, dass in Asien und Afrika die grossen Affen und die Menschenrassen dieselbe Hautfarbe hätten. Ich selbst habe darauf aufmerksam gemacht¹⁾, dass auch der Gorilla ein Dolichocephale sei, und dass die Annäherung zweier Menschenrassen an die in Farbe und Schädelform ebenso unterschiedenen Affen derselben Länder als der wichtigste Einwurf erscheine, den man bei dem gegenwärtigen Zustande unseres Wissens gegen die Einheit des Menschengeschlechtes machen könne. Die Ausgüsse von Affen- und Rassenschädeln, also die Hirnformen lassen die angeführte typische Uebereinstimmung noch viel deutlicher erkennen, als die Schädel selbst, deren vorspringende Knochenkämme und Stirnwulste bei den Affen den äussern Umriss der Hirnschale nicht bestimmt genug hervortreten lassen. In Uebereinstimmung mit den angeführten Beobachtungen nennt auch Th. L. Bischoff²⁾ den Orangutang brachycephal, den Gorilla und Chimpansi dolichocephal, und fügt die Bemerkung hinzu, dass sich dieser Unterschied schon bei ganz jungen Thieren herausstelle. Virey hatte sogar auf eine psychische Aehnlichkeit des Negers mit dem wilden afrikanischen Affen, sowie des Asiaten mit dem sanften und gelehrigen Orangutang hingewiesen. Es ist indessen auch der Chimpansi sanft und zähmbar. Wenn man unter Rassen, wie das Wort es ursprünglich bezeichnet, Wurzeln der Menschenstämme verstehen will, so bleiben von den bis jetzt unterschiedenen Rassenformen, deren Buffon zuerst 6, dann wie Blumenbach durch Vereinigung der Lappländer mit den Tartaren 5, Rudolphi durch Aufgabe der malayischen Rasse 4, und Cuvier durch Verwerfung der amerikanischen 3 angenommen hatten, nur zwei, eine asiatische und eine afrikanische als sicher begründete übrig, und die Zukunft wird darüber entscheiden, ob wirklich die im Schädelbau unterschiedenen ältesten Volksstämme Europa's als aus Asien oder aus Afrika eingewandert zu betrachten sind. Der Australneger, dessen Dasein gegen eine solche Ansicht zu sprechen scheint, verräth doch durch die Höhe seines Schädels und die stark vorspringenden Scheitelhöcker eine Hinneigung zum Malayen. Es darf hierbei noch daran erinnert werden, dass auch die älteste menschliche Cultur zwei Ausgangspunkte gehabt hat,

1) Verhandlungen des Naturhist. Vereins. Bonn 1864. p. 97.

2) Ueber die Verschiedenheit in der Schädelbildung des Gorilla, Chimpanse und Orang-Outang. München 1867. p. 71.

Indien und Aegypten, und dass die Geschichtsforschung zwischen ihnen das Vorrecht des höhern Alters unentschieden gelassen hat. Hatte doch auch der scharf blickende Blumenbach¹⁾ schon behauptet, dass sich alle Schädelformen zwischen zwei Extremen, nämlich der äthiopischen und der mongolischen Form ordnen liessen!

Einen Einfluss auf das Zustandekommen eines dolichocephalen oder brachycephalen Schädeltypus haben auch die Körpergrösse und die Muskelkraft und es wird näher untersucht werden müssen, in wie weit sich derselbe neben der angeerbten Verschiedenheit geltend machen kann. Die stark dolichocephalen Schädel der heutigen Scandinaven sowie der Germanen und Celten der Vorzeit finden sich in Verbindung mit auffallender Körpergrösse²⁾, die von Eschricht und Nilsson beschriebenen kleinen rundlichen brachycephalen Schädel der ältesten nordischen Vorzeit deuten wie die im westlichen und südlichen Europa gefundenen menschlichen Reste aus der Rennthierzeit auf eine kleine Rasse. Malayen und Mongolen sind im Allgemeinen von kleinerem Wuchse als Nord-Europäer und Neger. Auch Welcker fand, dass kleine Menschen mehr zur Brachycephalie, grosse mehr zur Dolichocephalie neigen. Ebenso ist der Gorilla an Grösse und Muskelkraft dem Orangutang überlegen. Unzweifelhaft üben die Muskeln, deren Druck nach den Untersuchungen von Fick einen bis dahin nicht gekannten Einfluss auf die Form der Knochen haben, auch insofern sie sich am Schädel ansetzen, einen Zug oder Druck auf einzelne Schädeltheile. Die stärksten dieser Muskeln, die Temporales, welche den Schädel von den Seiten zusammenpressen, die Nackenmuskeln, welche an der Linea nuchae des Hinterhauptbeins ziehen, endlich noch die Frontales und Runzler der Augenbrauen, welche die Weichtheile der Stirngegend vordrängen, sie wirken alle auf Verlängerung des Schädels. Da in der Regel mit vorwaltender Muskelkraft bei ganzen Volksstämmen geringere Geistesbildung sich findet, so fehlt dann auch dieser die Breitenzunahme des Schädels begünstigende Einfluss. In den Knochen selbst ein gestaltendes Prinzip anzunehmen, dazu fehlt jeder Grund. Es giebt auffallende Beispiele von dem Einflusse der Muskeln und Weichtheile auf die Form der Knochen. Blumenbach beschreibt

1) Decas V coll. suae cranior. div. gent. ill. Goetting. 1808. p. 4.

2) Vergl. H. Schaaffhausen, Ueber germanische Grabstätten am Rhein, in den Jahrb. des Vereins v. Alterthumsfr. im Rheinl. XLIV 1868. p. 109.

einen Schädel, dessen Gesichtsknochen auf einer Seite durch lange dauern- den Krampf ganz zusammengezogen waren. Merkwürdig ist auch ein von Busch¹⁾ beschriebener Fall, wo in Folge der Zusammenziehung des Nar- bengewebes nach einer Verbrennung die Knochen der ganzen linken Ge- sichtshälfte atrophisch geworden waren. Auf der kranken Seite war auch die Hälfte der Zunge kleiner. Dass die Zunge dem Kieferraum entspricht, zeigt die grössere Zunge niederer prognather Rassen. Virchow bemerkt, dass die Stellung des Oberkiefers auch durch die Zunge bestimmt werde, er weist auf die Cretins und auf einen Fall von Makroglossie²⁾ hin. Ebenso zeigt Zillner³⁾, wie bei Cretinismus das Vorspringen der Zähne durch den Druck der Zunge hervorgebracht wird. Die Ansicht von Retzius, dass die Dolichocephalie durch eine stärkere Entwicklung der hintern Lappen des grossen Gehirns hervorgebracht werde, die ein Vorzug der menschi- chen Bildung sei, dass sie also eine höhere menschliche Form darstelle, steht mit dem thatsächlichen Vorkommen dieses Schädeltypus im Wider- spruche und entspricht auch nicht dem Bildungsgesetze des menschlichen Hirns. Nicht die Länge der hintern Lappen, sondern ihre zunehmende Breite und Höhe bedingen vorzugsweise ihre stärkere Entwicklung beim Menschen. Die alte Vorstellung, dass nur beim Menschen, nicht beim Affen die hintern Lappen des grossen Hirns das kleine bedecken, ist als irrthüm- lich erkannt⁴⁾. Die Bemerkung Welckers: „Da die roheren Stämme der Baschkiren und Kalmucken als Prototypen der Brachycephalie betrachtet sind, die schmalere Form aber für edler gilt und die Dolichocephalie des deutschen Schädels auf allen Zungen ist, so erscheint es als eine Art Ehren- sache, die Dolichocephalie des deutschen Schädels zu retten“ bezieht sich also nur auf ein viel verbreitetes Vorurtheil, zu dessen Beseitigung gerade die Forschungen Welckers nicht wenig beigetragen haben. Auch Aeb y⁵⁾ kam mittelst seiner Messungen zu dem Schlusse, dass nicht die Länge son- dern die Breite das wichtigste Kennzeichen des Schädels sei; er benutzt dieselbe zur Eintheilung der Schädel in Stenocephalen von 130—148 und Eurycephalen von 159—168 Mm. Breite.

1) Sitzungsber. der Niederrh. Gesellschaft in d. Verh. des Naturhist. Ver. Bonn 1865. p. 20.

2) Virchows Archiv VII. p. 133.

3) Ueber Idiotie. Jena 1860. p. 197.

4) Bericht über die Zusammenkunft einiger Anthropologen in Göttingen. Leipzig 1861. p. 33.

5) Die Schädelformen des Menschen und der Affen. Leipzig 1867.

Ein wichtiges Merkmal, den Grad der Entwicklung eines Schädels zu bestimmen, sind die Nähte. Sie sind mehr gerade verlaufend, fast linienförmig beim Neugeborenen und noch wenig gewunden oder ausgezackt in den ersten kindlichen Jahren. Aber an vielen Schädeln wilder Völker finden wir sie so wie beim 2 bis 6jährigen Kinde. Selbst die sonst längsten Zacken der Lambdanaht sind kurz und fast nicht gezahnt. Es kann uns nicht überraschen, auch beim Urmenschen der Vorzeit derselben niedern Bildung zu begegnen. Die Hirnschale aus dem Neanderthal verräth auch dadurch ihre primitive Form und ihr hohes Alter.

Die starke Verästelung der Nahtzacken deutet auf ein langsames und länger dauerndes Wachsthum des Schädels und Gehirns, sie entspricht deshalb einer höheren geistigen Entwicklung. Sie kann aber auch durch Hindernisse der Knochenbildung z. B. durch Mangel des verknöchernden Kalkes entstehen, wie es häufig an den rhachitischen Köpfen und wie es scheint auch an den weichen Schädeln der mongolischen Rasse der Fall ist, bei denen die spongiöse Substanz vorwaltet. In solchen Fällen entstehen auch leicht die Schaltknochen in den Nähten. Lucae¹⁾ fand die Aschenmenge eines Schädels mit deutlichen zackigen Nähten etwas geringer als die eines solchen mit verwachsenen Nähten. Auch zeigte sich bei allen Schädeln die Aschenmenge in der äusseren Decke am grössten, in der spongiösen Substanz am geringsten. Virchow²⁾ hatte behauptet, dass bei raschem Wachsthum der Knochen die Nähte zackig werden und Schaltknochen entstehen, aber diese Ansicht steht mit allen andern Beobachtungen im Widerspruch, und wenn bei Rhachitischen die Nähte geradlinig bleiben, so ist dies nicht Folge träger Knochenbildung sondern gehemmten Knochenwachthums. Wiewohl Lucae nicht mit Virchow übereinstimmt in der Annahme, dass die Schaltknochen den Schädelraum beengen, so pflichtet er ihm doch darin bei³⁾, dass die zackigen Nähte ein Zeichen schnellen Wachthums der Nahtränder seien, während man sie doch nur als Folge des fortschreitenden Wachthums der Nahtränder bei geringer Neigung zur Verknöcherung betrachten kann. Der fortdauernde Druck des wachsenden Gehirns wird in vielen Fällen die Ursache des Offenbleibens der Nähte sein; ihr früher Verschluss kann durch

1) Zur Architektur des Menschenschädels. Frankf. a. M. 1857. p. 9.

2) Gesammelte Abhandlungen. Frankf. a. M. 1856. p. 891.

3) a. a. O. p. 70.

frühvollendete Ausbildung des Gehirns, aber auch durch entzündliche Vorgänge veranlasst sein und wird in diesem Falle ein Hinderniss der Gehirnentwicklung. Man kann desshalb als allgemein gültigen Satz die Behauptung von Serres, dass frühzeitiges Verwachsen der Nähte die Geistesentwicklung beeinträchtigt, nicht gelten lassen, denn oft ist dasselbe nur die Folge der geringen Hirnausbildung. In dem Verlaufe der Rhachitis pflegt der Erweichung der Knochen, welche die Verkrümmungen hervorbringt, eine Verdichtung des Knochengewebes zu folgen und Entzündung der Knochenhaut scheint bei beiden Vorgängen betheiligt zu sein. Auch Stahl¹⁾ fand, dass die lineale feinzackige Zeichnung der Nähte die Vertiefungen und Raumverengerungen, die limböse, grosszackige Beschaffenheit derselben die Wölbungen und Raumerweiterungen begleite. Mit den Thieren verglichen hat der Mensch die langsamste Verknöcherung der Hirnschale und die am meisten zackigen Nähte derselben. Die geraden linienförmigen Nähte sind so sehr ein Merkmal der leichter eintretenden Synostose, dass einige Schädelnähte, wie die Stirnnaht und Pfeilnaht, an den Stellen zuerst sich schliessen, wo sie den am meisten geradlinigen Verlauf haben. Auch Welcker führt an, dass die Stirnnaht am frühesten an der zahnarmen Stelle zwischen den Stirnhöckern verwachse, ebenso verhalte sich die Naht zwischen Hinterhaupt und Zitzenfortsatz. Die an den Schädeln so gewöhnliche Einsenkung des hintern Dritttheils der Pfeilnaht, wo sie den geradesten Verlauf zeigt, verräth deutlich, dass hier ein früher Verschluss stattgefunden hat. Lucae vermuthet desshalb mit Recht, dass die senile Obliteration an der Innenfläche des Schädels zuerst geschehe, weil hier die Ränder der Knochen mehr in gerader Richtung gegen einander stossen. Aus dem Gesagten ergibt sich wohl der sichere Schluss, dass frühe Verknöcherung und geradliniger Verlauf der Nähte an gesunden Schädeln ein Zeichen geringer Entwicklung ist. Welcker entging es nicht, dass bei Thieren und Wilden die Nähte früh sich schliessen. Auch Gratiolet²⁾ sagt, dass die Schädelnähte bei den civilisirten Völkern langsamer obliteriren, wenn er aber hinzufügt, dass ihr längeres Offenbleiben die Ursache ihres grösseren Gehirnes sei, so verhält es sich vielmehr umgekehrt. Er hebt noch hervor, dass die Verschliessung derselben beim Neger wie beim Idioten zuerst vorn am Schädel, bei den Culturvöl-

1) Klinische Studien über Schädeldeformitäten. Allg. Zeitschr. f. Psychiatrie, 1854. XI, p. 4.

2) Comptes rendus, 26 Août, 1856, und Bulletins de la Soc. d'Anthropologie, Paris I. 1860, p. 562.

kern zuerst hinten geschehe. Diese Bemerkung ist nur halb wahr. Der frühe Verschluss der Stirnnaht bei den meisten Schädeln deutet darauf, dass das Breiterwerden des Vorderhirns durch die Erhebung der Stirnbeine und das Nachgeben der Kronennaht hinreichend gesichert ist. Die feste Verbindung der Stirnbeine mit der Nasenwurzel ist wohl der Grund ihres geringen Auseinandergehens und der frühen Schliessung ihrer Naht. Das lange dauernde Breitenwachsthum des Schädels in seinen hintern und untern Theilen, welches gerade an den Köpfen begabter Menschen sich beobachten lässt, bedingt nothwendig ein längeres Offenbleiben der entsprechenden Nähte. Ein früher Schluss der Nähte am Hinterhaupt wird nur am hintern Theile der Pfeilnaht gesehen und es mag derselbe mit der geringen Grössenzunahme der darunter gelegenen Hirnwindungen zusammenhängen. Welcker behauptet, dass beim 9monatlichen Kinde und beim Erwachsenen der Abstand der Stirnhöcker derselbe sei und im Mittel 58 Mm. betrage, was indessen Virchow und Lucae bezweifeln. Sömmerring¹⁾, der schon einen Negerschädel mit Stirnnaht kannte, und neuerdings Humphry hatten angegeben, dass die Stirnnaht sowohl bei breiten, als schmalen Stirnen vorkomme. Welcker aber wies nach, dass sie viel häufiger bei brachycephalen Völkern als bei dolichocephalen sich findet, was im Voraus erwartet werden konnte. Auf der Grabstätte von Uelde, aus der Steinzeit Westphalens, fanden sich auffallend viele Stirnnahtschädel, wofür der brachycephale Typus und ein Vorwalten der Diploe die Erklärung bietet. Auch J. Engel hat die offene Stirnnaht mit Weichheit des Knochens in Verbindung gebracht²⁾; desshalb findet man an Schädeln mit Stirnnaht oft alle Nähte offen, worauf auch Welcker hinweist. Dass die kurze und die lange Schädelform mit dem früheren Schluss der Quer- oder der Längsnähte zusammenhänge, und dass Schiefheit des Schädels in vielen, nicht in allen Fällen durch einseitigen Verschluss einer Naht hervorgebracht ist, sind bekannte craniologische Thatsachen. Für die Behauptung, dass bei wilden Völkern die Nähte einfacher sind, lassen sich zahlreiche Thatsachen anführen. An dem in der anatomischen Sammlung dahier befindlichen Schädel eines Negers, den Prinz Max von Wied aus Brasilien mitgebracht hatte und der nach einer mir zugekommenen Mittheilung des Prinzen zwar in Bahia geboren war, aber wahrschein-

1) a. a. O. p. 120.

2) Untersuchungen über Schädelformen. Prag 1851.

lich aus der Landschaft Gambinde stammte, sind die noch offenen Nähte auffallend einfach, auch die Lambdanaht hat einen nur wenig geschlängelten Verlauf. Dasselbe Verhalten zeigen ein nicht künstlich verdrückter Peruanerschädel aus der Algodon-Bay, den von Bibra mitgebracht hat, der Schädel von Nieder-Ingelheim aus einem Grabe der Steinzeit, der aus dem Neanderthal und zum Theil auch der aus der Höhle von Engis. Sehr einfache geradlinige Nähte zeigen ferner ein Eskimo, ein Papu, und der alte Bataverschädel der Blumenbach'schen Sammlung in Göttingen, die von Bourgairel mitgebrachten Schädel der Neukaledonier in der Sammlung des Pflanzengartens in Paris, die meisten der von Bilharz aus Cairo mitgebrachten afrikanischen Schädel¹⁾ sowie die von Barkow²⁾ beschriebenen Negerschädel. Es ist wünschenswerth, dass man künftig bei Abbildung von Schädeln die Nähte auf das Sorgfältigste berücksichtige, was bisher meist nicht geschehen ist, sondern dem Belieben des Zeichners überlassen blieb. Broca hat die Einrichtung getroffen, dass im Kataloge der Schädel Sammlung der anthropologischen Gesellschaft in Paris auch der Grad der Entwicklung der Nähte verzeichnet wird. Dass früher Verschluss der Nähte mit einer niedern Organisation zusammenfällt, dafür giebt es nicht weniger Belege. Schon Engel gab an, dass Idiotenschädel oft frühzeitige Verknöcherung aller Nähte zeigen. Wie verschieden aber bei Idioten die Knochenbildung sein kann, zeigt der von Hyrtl³⁾ angeführte Cretinenschädel, an dem 323 Nahtknochen sich befinden. Nach Hyrtl entstehen die Nahtknochen, wenn die Verknöcherung am Rande mit dem Wachsthum des Knochens nicht gleichen Schritt hält, und die Zwischensubstanz später ossifizirt, wie es auch beim Hydrocephalus geschieht. Prichard bemerkte, dass an vielen Negerschädeln alle Nähte früh geschlossen seien. Auch Pruner-Bey⁴⁾ erwähnt diese Thatsache. J. Wallace fand an 4 Negerschädeln eines Stammes der Westküste Afrika's, der auf sehr tiefer Stufe der geistigen Entwicklung stand, die Pfeilnaht spurlos verschwunden. Bei van Beneden in Löwen sah ich 1866 einen kleinen, ovalen, sehr dicken, braungefärbten Schädel aus dem Torf von Blasfeld bei Antwerpen, an dem fast alle Nähte aussen verknöchert, innen ganz verschwunden waren; die gerade aber enge Stirn hatte eine Erhebung

1) A. Ecker, Schädel nordostafrikan. Völker. Frankf. a. M. 1866.

2) Comparative Morphologie 3. Bd. Breslau 1865.

3) Handbuch der topogr. Anatomie, Wien 1853. I, p. 40.

4) Mémoires de la Soc. d'Anthropol. Paris 1861. p. 336.

in der Richtung der Stirnnaht, von der in der obern Hälfte noch einige Zacken deutlich waren; die ganze Pfeilnaht war vorspringend, der Scheitel dachförmig, die Fläche des Schläfenmuskels war im Ganzen um mehrere Millimeter über die Schädelfläche gehoben. In diesem Falle schien ein starker Muskeldruck auf den Schädel gewirkt zu haben. Dass auch dieser als eine Ursache des frühen Verschmelzens der Nähte in Betracht zu ziehen ist, darf daraus geschlossen werden, dass künstlich auf den Schädel ausgeübter Druck eine solche Wirkung nachweislich hat. D'Orbigny¹⁾ sagt, dass die Aymarasköpfe an allen Stellen, welche gedrückt worden sind, geschlossene Nähte hätten, dies zeigten sogar die Schädel junger Leute. Auch Welcker fand bei einem Huankaskopf die Kronennaht unter der Binde oblitterirt. So ist es auch an dem vom Prinzen E. von Wittgenstein mitgebrachten Makrocephalen aus der Krym, der sich in Wiesbaden befindet. Dagegen sind an dem von Ecker²⁾ beschriebenen in ähnlicher Weise verdrückten Schädel aus einem Grabe von Niederolm alle Nähte offen, aber nur wenig gezackt. Dasselbe zeigen die herzförmigen Mexicanerschädel des Pariser Museums. Auch der früh sich schliessende Thierschädel ist mehr von Muskeln bedeckt als der menschliche. Es kann endlich nicht überraschen, dass auch der Schädel des fossilen Hundes oder Wolfes, wie ich an Höhlenknochen aus Westphalen beobachtet habe, mehr geradlinige Nähte hat als der des Haushundes.

Das am meisten in die Augen springende Zeichen einer tiefer stehenden Schädelbildung ist das Vorstehen der Kiefer und des Gebisses, welches bei wilden Rassen die Regel ist und mit einer zurückgebliebenen Hirnentwicklung gewöhnlich sich verbindet. Dasselbe kommt bei allen Rassen vor, wenn auch nur ausnahmsweise bei der kaukasischen. Der Camper'sche Gesichtswinkel giebt über dieses Verhältniss Auskunft. Schon Blumenbach fand denselben an dem viereckigen Kopf eines Sarmaten und an dem schmalen eines Congonegers fast gleich. Beim höchsten Grade des Prognathismus sind die Zähne selbst in der Richtung des Kiefers gekrümmt. Bei den Malayen ist die vordere Fläche des Oberkiefers unter der Nasenöffnung oft deutlich konkav, und die Zähne des Oberkiefers springen dann über die des Unterkiefers vor, beim Neger ist jene Fläche konvex.

Den doppelten Prognathismus nennt Pruner-Bey das seltene Vorkom-

1) J. C. Prichard, Naturgeschichte des Menschengeschlechts. 4. Bd. Leipzig 1848. p. 489.

2) Archiv für Anthropologie I. Braunschweig 1866. p. 75.

men, wenn auch die Schneidezähne des Unterkiefers nach vorwärts gerichtet sind und mit denen des Oberkiefers in einem spitzen Winkel schnabelartig zusammentreffen. An Schädelstücken aus dem Steinalter der Vorzeit kommen Merkmale vor, die auf einen Prognathismus deuten, der den der heutigen Wilden noch übertroffen hat. Unverkennbar nimmt bei den Affen der Prognathismus mit dem Wachsthum des Schädels zu und es verhält sich bei den niedern Rassen wahrscheinlich ebenso. Pruner fand denselben an einem kindlichen Negerschädel gering, dasselbe sah ich an einem solchen mit erstem Gebiss in der Sammlung des Pflanzengartens zu Paris. Es ist deshalb von Bedeutung, dass schon mehrfach an kindlichen Schädeln der ältesten Vorzeit ein sehr beträchtlicher Prognathismus zur Beobachtung kam. Zuerst machte Pruner ¹⁾ auf einen solchen aufmerksam; dass derselbe von einem Idioten herrühre, ist nicht nachzuweisen. An mehreren Bruchstücken kindlicher Schädel von Uelde fand ich dieselbe Bildung. Auch fiel mir auf, wie häufig man an weiblichen Schädeln der Vorzeit einen so starken Prognathismus findet, dass sie der äthiopischen Form ähnlich werden und schon dafür gehalten worden sind. Auch der am meisten prognathe Schädel der Höhle von Frontal ²⁾ ist weiblich. Es erklärt sich dieses Vorkommen sehr einfach aus der Thatsache, dass der weibliche Schädel bei seinem Wachsthum mehr Zeichen unvollkommener Bildung bewahrt als der männliche, wie das Vorspringen der Scheitelhöcker, die geringere Erhebung des Stirnbeins, die kürzere und schmälere Schädelbasis; mit der letzteren steht der mehr elliptische Zahnbogen und die Neigung zum Prognathismus im Zusammenhang. Als man die Merkmale eines Rassentypus noch nicht als ein Ganzes aufzufassen im Stande war und, was von Baer zuerst für die Thierformen gefordert hatte, von dem Typus eines Schädels noch nicht den Grad der Entwicklung desselben unterschied, sah man in einzelnen sehr in die Augen fallenden Zügen das Bestimmende für die Rassenform und glaubte, dass dieselbe auch innerhalb anderer Rassen, wenn auch als Ausnahme, vorkomme. So genügte ein starker Prognathismus um an europäischen Schädeln eine äthiopische Bildung zu sehen. Mit tieferem Verständniss hatte schon Blumenbach gesagt, wie der Eber vom zahmen Schwein, so unterscheidet sich der Neger vom Europäer. M. I. Weber ³⁾ suchte das Vorkom-

1) Anthropol. Review. London Nr. 16 p. 126.

2) van Beneden et Dupont Bullet. de l'Acad. R. de Belg. 2 S., XIX, Nr. 1.

3) Die Lehre von den Ur- und Racenformen der Schädel und Becken des Menschen. Düsseld. 1830.

men aller 5 Rassenformen an den Schädeln von Rheinländern zu zeigen, aber nur weil in allen Rassen einzelne Schädelknochen ähnliche Zustände der Entwicklung darbieten können, sind solche Aehnlichkeiten einzelner Züge möglich, die nie das ganze Rassenbild darstellen. Unter den keilförmigen, dem Neger ähnlichen Schädeln, die Weber in der Bonner Sammlung herausfand, befinden sich wieder 3 weibliche. An dem im unten angeführten Werke auf Taf. XVI abgebildeten Schädel eines Judenmädchens ist die Stirne aber breiter, sind die Nähte mehr gezackt, die Jochbeine weniger vorspringend als es beim Neger gewöhnlich ist und der Nasengrund ist durch eine Crista von der Fläche des Oberkiefers getrennt. An einem in der anatomischen Sammlung von Göttingen aufgestellten weiblichen Schädel aus der dortigen Bevölkerung mit angeblichem Negertypus beschränkt sich dieser auf die vorstehenden Kiefer; die rundliche Schädelform, die breite Stirn mit deutlichen Stirnhöckern, der breite Keilbeinflügel, der die Schläfenschuppe vom Stirnbein trennt, die fein ausgezackten Nähte entsprechen durchaus nicht der äthiopischen Schädelbildung. Auch Vrolik¹⁾ führt den Schädel eines 19jährigen Mädchens an, der durch seinen Prognathismus, die Länge des Gaumens und die fliehende Stirn dem einer jungen Negerin gleicht; während die Kieferbildung an den Orang erinnert, bilden aber die Nasenbeine einen scharfen Rücken und die Seiten des Schädels sind gewölbt.

Einen geradezu thierischen Prognathismus zeigt der Unterkiefer von la Naulette²⁾ indem ihm das für den menschlichen Gesichtsausdruck so bedeutungsvolle Kinn fehlt. Der Kiefer nimmt hier in der Weise Theil an dem Prognathismus, dass er hinter den Schneidezähnen eine schief gerichtete Fläche bildet. Diese auffallende Affenbildung war bisher nicht beobachtet, in minderem Grade hat sie der fossile Kiefer von Arcy, ich finde sie auch an dem aus der Vorzeit herrührenden Unterkieferstück von Fritzlar³⁾, an einem jugendlichen Kiefer von Uelde⁴⁾, an dem der Eckzahn fast 4 Mm. über den ersten Backzahn hinausragt, und an dem Unterkiefer von Grevenbrück⁵⁾, der auch in der elliptischen Form des Zahnbogens die niedere Bil-

1) Musée Vrolik, Catalogue etc. Amsterdam 1865. p. 64.

2) E. Dupont, Bullet. de l'Acad. R. de Belg. 2 S. XXII, N. 7.

3) R. Müller, über einige menschliche Ueberreste aus der Steinperiode. Marburg 1864.

4) Verhandlungen des Naturhist. Vereins. Bonn 1864. p. 54.

5) Sitzungsber. d. Niederrhein. Gesellschaft in d. Verh. d. Naturhist. Ver. Bonn 1864 p. 30.

derung verräth. Der Unterkiefer von la Naulette trägt noch ein anderes thierisches Merkmal an sich, es ist die Grösse der Mahlzähne, von denen der letzte, wie es bei den anthropoiden Affen mit Ausnahme des Chimpansi der Fall ist, der grösste, und mit 5 Wurzeln eingepflanzt war. Owen¹⁾ hat schon früher angegeben, dass die 2 äussern Wurzeln des letzten Mahlzahnes bei der kaukasischen Rasse gewöhnlich verwachsen und zuweilen auch die innere mit ihnen vereinigt sei, dass dies aber nie bei den melanischen Rassen vorkomme; bei den Australiern habe der Weisheitszahn immer dieselbe dreiwurzelige Einpflanzung wie beim Chimpansi und Orang. Bei den civilisirten Rassen verkürzt sich der hintere Theil der Zahnlade der Kiefer; dass dieses bei den rohen Rassen nicht der Fall ist, erkennt man auch daran, dass hier zuweilen 6 statt 5 Backzähne vorhanden sind. Sömmering fand dieselben 5mal an Aethiopenschädeln; auch beim Orangutang kommt ein überzähliger Backzahn zuweilen vor. Dass die ächten Mahlzähne gleich gross sind, beobachtet man häufig am Neger, am Australier und Malayen. Die schmalere Grundfläche des primitiven Schädels und das Vorspringen seiner Kiefer bewirken, dass der Zahnbogen mehr elliptisch wird, während er am edel geformten Menschenschädel parabolisch ist. Unter den Wilden sind es die niederen Neger, die Australier und besonders die Malayen, welche diese wie beim Affen verlängerte Form des Zahnbogens zeigen, in welchem die Mahlzähne fast in einer geraden und beiderseits parallelen Linie stehen. In den an Malayenschädeln reichen Sammlungen von Utrecht und Leyden fiel mir diese Bildung auf, der hintere Theil der Zahnlade ist dabei mehr nach innen gestellt; noch grösser wird die Uebereinstimmung mit dem Affenkiefer, wenn der Zahnbogen fast ein verlängertes Viereck bildet, indem auch die Schneidezähne in einer geraden Linie stehen. So sieht man es bei Negern und Australiern, auch an dem Unterkiefer eines Schädels von Madura in der Göttinger Sammlung. Auch beim Kinde ist der Abstand der letzten Mahlzähne beider Seiten, wie Welcker zeigte, kleiner als später, wiewohl die Länge des Zahnbogens nach der zweiten Zahnung nicht mehr zunimmt. Der fossile Unterkiefer von Grevenbrück hat diese Beschaffenheit und noch andere Merkmale primitiver Bildung, worin er dem des Kindes gleicht, nämlich geringe Höhe des horizontalen Theiles und kurzen, unter stumpfem Winkel abgehenden Gelenkfortsatz. Owen erklärt es als eine Eigenthüm-

1) Odontography, London 1840—50. I p. 444.

lichkeit des Menschen, dass die Praemolaren des Oberkiefers nie 3 getrennte Wurzeln haben, wie es beim Affen der Fall ist. Bisher wurde auch eine solche Bildung niemals bei niederen Rassen beobachtet. Ich fand zuerst an einem bei Olmütz gefundenen Schädel der Bronzezeit¹⁾ dieses Denkzeichen aus dem höchsten Alterthume unseres Geschlechtes erhalten; der zweite Praemolare des Oberkiefers hat hier 3 wohl getrennte Wurzeln. Auch an 2 Schädeln von gemeiner Form in der anatomischen Sammlung zu Göttingen fand ich dasselbe Verhalten; an Nr. 1297 hat der erste obere Praemolare links, an Nr. 1354 derselbe Zahn rechts 3 Wurzeln. Praemolaren mit 2 getrennten Wurzeln kommen bei niedern Rassen nicht selten vor. Auch die Lücke zwischen Eck- und Schneidezahn, welche das Affengebiss kennzeichnet, fehlt beim Menschen nicht. Ein Kafferschädel der Sammlung in Erlangen, den R. Wagner²⁾ abgebildet hat, zeigt dieselbe deutlich.

Die Nasenbeine des Urschädels haben wir uns klein und flach zu denken, weil es so bei den niedersten Rassen ist. Bei diesen geht auch der Boden der Nasenhöhle ohne Vorsprung, mit glatter Fläche auf die vordere Wand des Oberkiefers über. Dieselbe Bildung zeigen ein alter Germanenschädel von Nieder-Ingelheim³⁾ und ein Schädel aus einem Hünengrabe der Insel Rügen, den ich der Güte des Herrn Dr. Wentzel in Bergen verdanke.

Dass die rohen Schädel der Urzeit die Wirkung starker Muskelthätigkeit erkennen lassen, ist leicht begreiflich, wenn wir erwägen, dass in Europa die ersten Bewohner den Kampf mit einer starken Thierwelt bestehen mussten. Tief ausgehöhlte Wangengruben, stark vorspringende Brauenwülste, eine hochgehende und am Stirnbein scharf vorspringende Schläfenlinie, eine sehr entwickelte Spina des Hinterhauptes finden sich mehr oder weniger vereinigt vor. An einem bei Lippstadt gefundenen Schädel⁴⁾ der Steinzeit läuft die halbzirkelförmige Linie des Hinterhauptes als ein scharfer Knochenkamm von einem Zitzenfortsatz zum andern. Eschricht⁵⁾ bildete einen Schädel aus einem dänischen Hügelgrabe der Insel Fyör ab, der am Hinterhaupt einen vorspringenden Knochenstachel hat; seine Schläfenschuppe reicht an's Stirnbein. Ich selbst besitze einen in Cöln gefundenen Germa-

1) Sitzungsber. d. Niederrhein. Gesellsch. in d. Verh. d. Naturhist. Ver. Bonn 1865. p. 63.

2) Icones zootom. Leipz. 1841. Tab. II, Fig. XV.

3) Sitzungsber. d. Niederrhein. Gesellsch. in d. Verh. d. Naturhist. Ver. Bonn 1864. p. 113.

4) Sitzungsber. d. Niederrhein. Gesellsch. in d. Verh. d. Naturhist. Ver. Bonn 1859, p. 103.

5) Amtl. Bericht der 22. Vers. deutsch. Naturf. u. Aerzte in Bremen, 1844. p. 92.

nenschädel rohester Form, der sehr lang, schmal, dick und prognath ist, die Schläfenschuppe verbindet sich mit dem Stirnbein, die Nähte sind einfach, die Schläfenlinie ist stark entwickelt, ein oberer Praemolare hat 2 getrennte Wurzeln, die Hinterhauptslinien laufen in der Mitte in eine stark vorspringende Schnippe zusammen. Einer starken Hinterhauptsleiste entspricht oft ein schwach entwickelter Zitzenfortsatz, der den Affen beinahe fehlt. Ist der Schädel im Nacken stark befestigt, so wird er auf der Wirbelsäule weniger frei sich bewegen können; die kräftigen Zitzenfortsätze des menschlichen Schädels sind desshalb eine Folge des aufrechten Ganges, mit dem sehr viele Eigenthümlichkeiten der menschlichen Gestalt in Verbindung stehen. Das mehr nach hinten liegende Hinterhauptsloch, der flache Uebergang des Hinterhauptes in den Nacken, die einfache konvexe Krümmung der Wirbelsäule, der Gang mit vorgeschobenem Körper beim Neger und andern wilden Rassen beweisen, dass erst die edlere menschliche Gestalt ganz aufgerichtet ist und dadurch die freiere Drehung des Kopfes auf der Wirbelsäule erlangt. Ecker hat mit Recht unter den Merkmalen des männlichen Schädels die grossen und starken Zitzenfortsätze angeführt, die der kräftigeren Muskelthätigkeit des Mannes entsprechen. Wenn B. Davis¹⁾ als gegen diese Ansicht sprechend die ganz kleinen und nicht hervorragenden Zitzenfortsätze eines Akassanegers von der Westküste Africa's anführt, so finden dieselben wahrscheinlich in einer starken hintern Anheftung des Schädels an die Wirbelsäule ihre Erklärung. Kleine Zitzenfortsätze an rohen Schädeln der Vorzeit habe ich mehrmals beobachtet.

Auf diese Weise lässt sich ein Bild des menschlichen Urschädels gewinnen, welches wir aus den vereinzelt gefundenen Bruchstücken zusammensetzen, die meist im westlichen Europa gefunden worden sind. Dass der Urmensch in andern Ländern von ähnlicher Gestalt gewesen ist, können wir daraus folgern, dass auch jetzt die rohesten Rassen in den verschiedenen Ländern übereinstimmende Merkmale niederer Organisation an sich tragen. Eine so grosse Aehnlichkeit der ältesten fossilen Schädel aber, dass sie als ein Beweis eines gemeinschaftlichen Ursprungs angesehen werden könnte, hat sich nicht einmal in unserm Welttheil ergeben. Es bleiben, wie für die lebenden Rassen, ein brachycephaler Typus, der heute bei den Völkern Hoch- und Südasiens, und ein dolichocephaler, der in Europa und Africa am meisten

1) Archiv für Anthropologie II, Braunschweig 1867. p. 26.

verbreitet ist, als nicht zu vereinigende Formen übrig. Es kann nicht auffallen, dass im Grenzlande zwischen Europa und Asien, im heutigen Russland, beide Typen zusammentreffen. Nach den Forschungen des Dr. Copernicki in Bucharest ist der Grossrusse im Nordosten des Reiches dolichocephal mit einer Andeutung des dachförmigen Scheitels, er ist gross von Gestalt, blond oder rothhaarig; der Kleinrusse oder Ruthene ist brachycephal, klein von Körper, sein Haar ist kastanienbraun, auch seine Sprache verschieden. Das Entwicklungsgesetz des menschlichen Schädels hat aber trotz dieser Verschiedenheit der Grundformen, eine allgemeine Gültigkeit. Der Schädel der Wilden trägt Merkmale an sich, welche in allen Ländern dieselben sind. Es giebt eine unbestreitbare Aehnlichkeit der Form zwischen dem Schädel des alten Briten und dem des heutigen Australiers. Eine geringe Breite der Grundfläche des Schädels ist beim Neger, wie beim Malayen, wie beim Menschen der Urzeit Europa's das Zeichen der noch nicht erfolgten intelligenten Entwicklung des Gehirnes. Die Züge, welche sich bei allen rohen Völkern gleichen, sind eben solche, welche der geringen Ausbildung der Geisteskräfte entsprechen, deren Hebung aber auch in allen Ländern denselben Einfluss auf die Veredlung der Schädelbildung übt. Es giebt zwei Einwirkungen, welche die Kennzeichen der Menschenrassen bilden, das Klima und die Civilisation! Vom Klima hängt die Grösse und allgemeine Körperbeschaffenheit ab, die Hautfarbe und das Haar; die Civilisation aber ist es, welche das Hirn entwickelt, den Schädel höher und breiter wölbt und das Kiefergerüste verkleinert; auf mittelbare Weise wirkt sie aber auf alle Rassenmerkmale ein, weil sie die Einflüsse des Klima's beschränken und abändern kann. Dagegen ist es wieder oft das Klima, welches die Civilisation erleichtert oder zurückhält.

Man kann ferner behaupten, dass während in den verschiedenen klimatischen Einwirkungen eine Mannigfaltigkeit des Typus begründet ist, die geistige Cultur als ein Mittel der Ausgleichung und Annäherung der Formen sich geltend machen wird. Es kann nicht überraschen, wenn wir die extremen Bildungen bei rohen Völkern antreffen und wenn uns die Vergangenheit weiter auseinander liegende Formen darbietet, als die Gegenwart. Es unterliegt keinem Zweifel, dass die anthropoiden Affen Africa's und Asiens, die unter ähnlichen klimatischen Verhältnissen leben, in der Schädelbildung nicht so verschieden von einander sind als die Menschenrassen verschiedener Welttheile. Schon die weitere geographische Verbreitung setzt diese einem

grössern Wechsel von Natureinflüssen aus und die verschiedene Bildungsstufe bedingt andere Unterschiede. Aber ein dolichocephaler und ein brachycephaler Typus ist sehr bestimmt ausgeprägt in der Hirnform dieser Affen. Ich finde den Schädelausguss eines Chimpansi 119 Mm. lang und 92 breit, den des Orang 106 Mm. lang und 95 breit; den von einem jungen Gorilla 109 Mm. lang und 90 breit, den eines jungen Orang 105 Mm. lang und 94 breit. Die Unterschiede sind bei den erwachsenen Thieren grösser und zeigen sich mehr in der Länge als in der Breite. Auch der Typus des Negers und der des Mongolen ist schon im frühen Kindesalter erkennbar, wie bereits Blumenbach¹⁾ ausdrücklich bemerkt hat. Man kann nicht behaupten, dass die Rassenunterschiede am kindlichen Schädel fehlen, wie Pruner-Bey und Aeby angeben, aber sie treten später stärker hervor. Wenn man für die Rassenschädel die von Retzius eingeführte und in letzter Zeit vielfach angegriffene Bezeichnung der dolichocephalen und brachycephalen Form beibehält, so muss man doch einräumen, dass die Angabe der grössten Länge und der grössten Breite des Schädels ihn noch nicht in bestimmter Weise kennzeichnet. Es können zwei Schädel in diesen Maassen übereinstimmen und doch durchaus verschieden sein in ihrer Gesamthform, ihrer Herkunft und dem Grade ihrer Entwicklung. Aber die Länge oder Kürze eines Schädels ist ein schnell in die Augen fallendes Mittel der Unterscheidung, und darin besteht sein Werth. Dazu kommt, dass die am weitesten auseinanderstehenden Schädeltypen, der des Mongolen und des Negers auch in dieser Beziehung sich unterscheiden, wenn auch der des Negers oft nur im Verhältniss zu seiner geringen Breite lang genannt werden kann. Auch R. Owen²⁾ hat darauf hingewiesen, dass der dolichocephale Typus des afrikanischen Schädels nicht eigentlich in der grösseren Länge als in dem Mangel der Breite und Höhe begründet sei und dass die Länge der Hirnhemisphären viel konstanter sei als ihre Breite und Tiefe. Aeby unterscheidet deshalb die Schädel nicht als lange und kurze, sondern als schmale und breite. Diese Benennung hat den Nachtheil, dass die grösste Breite eines Schädels an verschiedenen Stellen sich finden und danach eine verschiedene Bedeutung haben kann. Jede Eintheilung, die sich auf einzelne Schädelmaasse bezieht, ist mangelhaft, und es kann die grösste Verwirrung

1) Decas III coll. suae cranior. div. gent. ill. Goetting. 1795. No. 29 u. 30.

2) Du Chaillu, a journey to Aschango-Land, London 1867. p. 439.

eintreten, wenn in der Methode der Messung bei den einzelnen Forschern keine Uebereinstimmung herrscht, wie das für das Breitenmaass des Schädels leider der Fall ist. Bald wird dieselbe zwischen den Scheitelhöckern gemessen, bald über der Ohröffnung, bald an einer andern Stelle. Derselbe Schädel kann so oder anders gemessen dolichocephal oder brachycephal sein, wie es von einem in meinem Besitze befindlichen Malayenschädel von Macassar gilt, der 169 Mm. lang und über der Ohröffnung 114 Mm., zwischen den Scheitelhöckern aber 131 Mm. breit ist. Da, wie schon Blumenbach fand, alle verschiedenen Rassentypen durch Mittelformen in einander übergehen, so sah man sich veranlasst, auch zwischen den langen und kurzen Schädeln ein mittleres Maass als Grenze festzusetzen; v. Bär empfahl dafür eine Breite, die 80 %, Welcker eine solche, die 75 % der Länge beträgt. Aber wenn man von einem dolichocephalen und brachycephalen Typus spricht, so soll man nicht allein das Verhältniss der Breite zur Länge in's Auge fassen, sondern auch die übrigen Merkmale, die damit verbunden zu sein pflegen. Halbertsma fand bei dem normalen weiblichen Malayenschädel die Länge 164 Mm., die Breite 135, den Schädelindex also 83, bei der oben angeführten Idiotin die Länge 173, die Breite 130, den Schädelindex 75, den er für den Orang zu 74 angiebt. Die Idiotin hat aber, trotzdem ihr Schädel lang und schmal genannt wird, den malayischen Typus nicht verloren, der hohe Scheitel, die hochgestellten Scheitelhöcker, die aufgerichtete Hinterhauptsschuppe sind ihr geblieben und, wie der Schädeldurchschnitt zeigt, die Schädelhöhle ist eine brachycephale; die grössere Länge ist nur durch starke Verdickung der Schädelknochen in der Richtung des Längendurchmessers hervorgebracht. Die genauesten bisher üblichen Maasse geben kein vollständiges Bild des Schädels, wenn dabei nicht auf Form und Beschaffenheit jedes einzelnen Knochens geachtet wird. Ueber dem Eifer die Unterschiede der Schädelformen durch systematische Messungen festzustellen, hat man jene Merkmale zu betrachten unterlassen, welche uns über die Stufe der Entwicklung des Schädels Aufschluss geben. Sagt doch A e b y geradezu, die Schädelform sei kein Mittel zu einer durchgreifenden Rasseneintheilung. Wenn aber der wichtigste Theil des Körpers keinen Anhalt zu einer Eintheilung geben kann, dann müssen wir überhaupt auf eine solche verzichten. Vielleicht liegt aber der Misserfolg in der falschen Methode der Untersuchung. Vielen Anschauungen über Schädelbildung liegt auch noch der Irrthum zu Grunde, dass man in der

Natur feststehende Typen sucht, die nicht in ihr vorhanden sind. Auch das, was wir dolichocephal oder brachycephal nennen, ist, wenn auch wahrscheinlich verschiedenen Ursprungs, nicht unveränderlich. Die Form eines Schädels wird zunächst bestimmt durch die ursprünglich angeerbte Anlage, diese kann abgeändert sein durch Einflüsse der Ernährung, des Klima's, durch die Wirkung der Muskeln, durch die Geistesbildung, durch Vermischung mit einem andern Typus. Der Muskeldruck kann die ursprünglich brachycephalen Schädel der Eskimos wie der Polynesier lang und schmal gemacht haben, und durch geistige Cultur sind in Frankreich und Deutschland, und wohl auch anderwärts die langen und schmalen Schädel der Vorzeit breiter geworden.

Nach dem bisher Betrachteten darf man den Satz als zweifellos hinstellen, dass ein Schädel, welcher nicht die Zeichen einer niederen Organisation an sich trägt, nicht als vom Urmenschen herkommend angesehen werden kann, wenn er auch vielleicht zwischen den Knochen erloschener Thiergeschlechter gefunden sein sollte. Es ist aber ferner ersichtlich, dass wir jetzt schon den Menschen der Urzeit eine Stufe tiefer stellen müssen als den rohesten Wilden der heutigen Welt. Die Hirnschale aus dem Neanderthale und der Unterkiefer von la Naulette bieten uns Merkmale niederer Bildung dar, welche sich nicht mehr, soviel wir wissen, bei irgend einer lebenden Rasse finden. Wohl ist es ein Verlust für die Wissenschaft, dass aus den ältesten Zeiten uns nur Bruchstücke der menschlichen Organisation übrig geblieben sind. Unsere Einbildungskraft muss es versuchen, gestützt auf die Gesetze der organischen Bildung, die zerstreuten Glieder des Urmenschen zu sammeln und seine Gestalt daraus aufzubauen, bis zu dem Augenblicke, wo der Zufall eines glücklichen Fundes uns die Bestätigung unserer Voraussetzungen und Schlüsse in Betreff einer Frage bringen wird, welche, bisher unzugänglich für die Wissenschaft, jetzt die wichtigste der ganzen anthropologischen Forschung geworden ist.

Zur Casuistik des Delirium acutum.

Von

Dr. C. R. Hertz.

Fälle von Geistesstörung, die sich als delirium acutum idiopathicum in der Gruppe des delirium acutum (phrenitis) kennzeichnen, stehen mit Verengerung der foramina iugularia in causalem Zusammenhange.

Die Lösung unserer Thesis erfordert den Nachweis, I. dass die Stenose der genannten knöchernen Aperturen eine abnorme Bildung ist und als solche specifisch pathogenetische Bedeutung haben kann, II. dass die mit dem Namen delirium acutum idiopathicum bezeichnete Form von Geistesstörung eine wirklich eigenartige ist, und III. dass diese Krankheitsspecies und jener Strukturfehler in evidenter Ausdrucksweise zusammen vorkommen.

I.

Aus der Anatomie wissen wir, dass der Zwischenknochenraum, das paarige foramen iugulare, oder foramen lacerum posticum an der Schädelbasis durch eine von seinem vordern Rande einspringende, unbenannte Zacke in zwei ungleiche Abschnitte getheilt ist, und dass, während in der vordern kleinern Spalte der neunte, zehnte und elfte Gehirnnerv ihren Austritt aus dem Schädel nehmen, in der hintern viel grösseren Ausrundung der sinus transversus in die vena iugularis interna seiner Seite ausmündet. Wir wissen auch, dass die sinus transversi die Sammelkanäle für die allermeisten venösen Gefässe des Schädelraumes, einschliesslich der Diploë und der Sinnesorgane, sind, und somit fast alles Blut, was durch die bezüglichen Arterien in den Kopf eingeströmt ist, in den foramina iugularia zum Abflusse bringen. Die kleinere Menge venösen Blutes, welches regelmässig auf andern Wegen abfließt, findet in den venae meningae mediae, in der kleinen

Vene des foramen coecum und in dem plexus circularis foraminis magni die Sammelpunkte. Nun besteht noch eine besondere, nicht regelmässig angeordnete, aber deshalb um so mehr beachtenswerthe Nebeneinrichtung für den venösen Blutstrom des Kopfes in den emissaria Santorini. Es sind dieses grössere Venenanastomosen, welche horizontal durch die Knochenwandungen in dem foramen mastoideum, parietale, condyloideum posticum durchgehen und somit je nach vorherrschenden Strömungsgesetzen das Venenblut bald von Aussen nach Innen, bald in umgekehrter Richtung führen können. Der grösste, aber unbeständigste von ihnen ist das emissarium mastoideum, welches in der Furche des einen (oder beider) sinus transversus in der Nähe des foramen iugulare gelegen ist. Kleiner, aber beständiger, ist das emissarium occipitale, welches die Mündung genau am foramen iugulare selbst hat. Eine ähnliche Bedeutung haben auch manche venae diploicae und die venae ophthalmicae. Letztere stellen die Verbindung zwischen den sinus cavernosi und den venae faciales anteriores her. Schon die Grösse des hintern Abschnittes des foramen iugulare zeigt uns seine anatomische Wichtigkeit. Dort misst es bei Frauenschädeln durchschnittlich im geraden Durchmesser 7 Mm. und im queren 9 Mm., bei Männerschädeln beträgt jeder dieser Durchmesser 1 Mm. mehr. Dieses Maass, obgleich es durchaus nicht zu gross angenommen ist, ist doch einigermaassen ideell. Es giebt die Durchschnittszahl vieler Messungen. Betrachtet man schon bloss diejenigen Schädel, welche sich durch symmetrische Formen und mittlere Dicke der Substanz als normale auszeichnen, so findet man selten das Lumen der Oeffnung auf der einen Seite genau so gross, wie das auf der andern Seite, und gewöhnlich stellt sich das rechte, was Hamernjk aus der direktern Verbindung der rechten vena iugularis mit der obern Hohlvene erklärt, als etwas grösser dar; und hiermit übereinstimmend ist dann auch der rechte sinus transversus etwas geräumiger als der linke. Diese kleine Differenz hat also durchaus keine pathologische Wichtigkeit. Aber auch schon eine ansehnlichere Verengerung auf der einen Seite bildet noch keinen Fehler, wenn auch eine Abnormität, wenn durch die erwähnten Hilfskanäle in der Nähe des engern foramen iugulare deutlich messbar das Supplement gegeben ist, wodurch sich die erforderlichlich grosse Summe an Lumen für den Abzugskanal ergänzt.

Man findet in der That nicht selten neben einem relativ zu engen foramen iugulare ein weiteres foramen mastoideum, oder auch ein solches foramen condyloideum posticum, und folgert daraus, da auch in den bezüg-

lichen Krankheitsgeschichten von Gehirnleiden nichts erwähnt ist, dass die darin verlaufenden grossen Anastomosen mittels erweiterten Hinterhauptvenen auf einem Umwege die Function der vena iugularis interna ohne Schaden für das Gehirn mit übernehmen. — Fehlt aber diese die supplementäre Nebencirculation bedingende Einrichtung, oder ist sie zu schwach ausgebildet, dann ist in den an sich zu engen foramina iugularia ein pathogenetisches Moment gesetzt, wovon der Impuls zu venösen Blutstauungen ausgehen kann, je nach Grad und Anlässen rasch ausgehen muss, und deren weitere Folgen sich zum Schaden des Schädelinhaltes über lang oder kurz geltend machen werden.

Es ist merkwürdig, wie geringe Aufmerksamkeit man diesem lokalen und deutlichen Verhältnisse zugewandt hat, und wie wenig Material darüber in der Litteratur niedergelegt ist.

Die erste einschlagende Beobachtung, welche wir fanden, ist nach Burdach eine von Malacarne. Er fand die foramina iugularia an dem trockenen Schädel eines Wasserkopfes verengt. Derselbe Schriftsteller erwähnt bei seinen Sectionen von Cretinenköpfen, dass sich dabei unter Anderem verengte foramina iugularia gefunden hätten, die das Blut im Schädel aufhielten und den Durchgang der Nerven erschwerten. Nièpce hat in unsern Tagen diesen Befund an Cretinen bestätigt. (Die Litteratur siehe im Anhang.) Vierzig Jahre später folgt Kosloff mit seiner bekannten Notiz, dass er an 21 Schädeln von wahnsinnigen Selbstmördern abnorme Verengerung eines oder beider foramina aufgefunden habe. Barkow verglich auf diesen Punkt hin 65 Schädel überhaupt, d. h. ohne Unterschied auf Krankheit und Todesursache. Bei 46 waren die foramina links und rechts ungefähr gleich; bei 14 fand sich das rechte grösser als das linke, und bei 5 war das linke grösser als das rechte. Hoffmann zählte unter 58 trockenen Schädeln von Geisteskranken aller Art nur 19mal gleich grosse foramina iugularia; 30mal grössere rechte und 9mal grössere linke. Die einzelnen Maasse sind nicht angegeben. Von uns rühren zwei weitere Beobachtungen (bei Geisteskranken) über absolute Verengerung in den genannten Aperturen her; — die eine war eine doppeltseitige, vorzugsweise aber links, die andere eine einseitige links. Hasse sagt allgemein, ohne Fälle dafür namhaft zu machen, dass Enge der foramina iugularia, sie sei angeboren oder erworben, sehr häufig die Bedingung zur mechanischen Hyperämie abgebe.

Weiteres Material haben wir in den Schriftstellern nicht auffinden können. Doch das bis jetzt beigebrachte wird Thatsachen genug enthalten, um unsere Annahme, dass eine absolut zu enge Ausmündung der Haupt-Gehirnvenen vorkomme und mit schädlichen Rückwirkungen für die in ihrer Bahn liegenden Kopftheile verbunden sei, begründet erscheinen zu lassen.

Für unsere theoretischen Betrachtungen, unter welchen wir die denkbaren pathologischen Consequenzen aus der genannten Stenose mit beobachteten Krankheitserscheinungen und Krankheitsergebnissen in Uebereinstimmung zu bringen bestrebt sind, werden uns folgende Punkte nützlichen Anhalt bieten können. Als den ersten pathologischen Folgezustand unseres specifischen Hindernisses, möge es mehr oder weniger hochgradig bestehen, werden wir den venös-hyperämischen statuiren müssen, eine Krankheitsnorm, gegen welche von wissenschaftlicher Seite Nichts eingewendet werden kann. Selbst Kellie hat die relative venöse Hyperämie im Gehirn als annehmbar befunden, relative insofern, als mit der wachsenden venösen Blutssäule die arterielle sich proportional vermindere. Das Gehirn hat nun sein Hauptvenennetz, seine am regelmässigsten und zahlreichsten ausgebildeten Venen, an den äussern Flächen liegen. Der Uebergang aus den kleinsten Venen in diese Venen von sofort viel grösserem Lumen geschieht in wenig spitzen Winkeln. Die *venae cerebrales superiores*, 24 bis 30 ansehnliche Aeste auf der obern Fläche des grossen Gehirnes, münden in den *sinus longitudinalis*, der sich nach unten links und rechts in die *sinus transversi* fortsetzt. Einige davon münden auch direkt in diese *sinus*. Kömmt nun in dieser untern Partie langsamer oder schneller eine Stauung des venösen Abflusses zu Stande, so wird sich die Rückstauung durch den *sinus longitudinalis* alle Male früher und stärker den Venen der oberen Fläche, als denen der Basis und des innern Gehirnes mittheilen, sowohl des nähern Zusammenhanges wegen, als auch auf Grund jener Einrichtung, der zufolge den zuletzt genannten venösen Gefässen beständige Hilfsabzüge im *foramen magnum*, in der *fissura orbitalis superior*, im *foramen coecum*, im *foramen spinosum* zugeordnet sind. Ueberall, wo die venöse Hyperämie beschrieben ist, werden die obern Gehirnvenen als dunkelblau gefärbt, als überfüllt, als geschlängelt verlaufend, als varicös erweitert geschildert. Von den *venae cerebrales superiores* wird die Rückwirkung sich weiter in die nächst anhangenden Venen kleinerer Ordnung fortsetzen, während gleichzeitig auch

die entfernter gelegenen venösen Gefässe im Gehirne und Hüllen mehr oder weniger an der Ueberfüllung participiren.

Die venöse Stase wird mehr acut oder mehr chronisch entstehen, sie wird mit Entleerung abwechseln, oder als eine stetig zunehmende vorkommen können, was Alles von den verschiedenen ätiologischen Bedingungen abhängig sein wird. — Wir können uns vorstellen, dass die ihr zu Grunde liegende Krankheitsanlage im Knochensysteme unter Umständen längere Zeit in ihren Wirkungen latent bleiben könne, zumal wenn wir uns die instinctiven — auch psychischen — Naturhülfen vergegenwärtigen, die sich gegen solche Schädlichkeit, sobald ihre Empfindung ins Bewusstsein tritt, geltend machen werden. Wir können uns aber auch denken, dass ein so starres Hinderniss in der venösen Blutbahn besonders geeignet ist, bei plötzlich und wiederholt wirkenden schädlichen Anlässen, welche auf psychischem oder somatischem Wege für das Gehirn heftige Gefässaufregung hervorrufen, Stauung des venösen Blutstromes zu erzeugen.

Die sich hieraus fortsetzenden fernern Wirkungen, die Folgezustände der venösen Stase, werden sich in langsam gebildete und in rasch hervorgerufene unterscheiden lassen; aber unter Umständen werden beide zu gleicher Zeit ihr Resultat als pathologische Schädlichkeit entfalten können. Die erstern sind mehr in den hyperplastischen Ernährungsprodukten zu suchen, die andern werden sich als unorganisirte und einfache Exsudationsflüssigkeiten darstellen. Die Gefahren, welche von beiden Seiten das Gehirn und seine Umhüllung bedrohen, wachsen mit dem reifern Alter, wo sich die Schädelnähte fester ineinander fügen; am sichersten wird man hier auf ein nach Aussen hin überreich ernährtes Knochengehäuse rechnen können. Zu dünn befundene Knochenwandungen wären ein Widerspruch gegen die Annahme. Unter den rasch entstandenen pathologischen Ausscheidungen werden apoplectische Ergüsse eine Seltenheit sein. Der gleichmässig erhöhte Druck von allen Seiten auf die Gefässe lässt eine partielle Gefässausdehnung, einen Gefässbruch, nicht leicht zu. Nehmen wir einmal mit Grund an, dass die Hyperplasie der Knochen ein sicherer Effekt der venösen und chronischen Gefässhülle ist, so kommen wir auf das schlimmste Element des etablirten krankhaften Zustandes überhaupt. Wir sehen, dass sich ein circulus vitiosus bilden, dass sich mit Vermehrung der Knochenmasse nothwendig auch die obstruirende Knochenlücke verengern muss. Einer der hieraus folgenden

Schlüsse ist der, dass die Krankheitsanlage mit den Jahren zunehmen wird und dass im proportionalen Verhältnisse hierzu die Krankheitsanlässe geringer zu sein brauchen. Wir werden die Richtigkeit dieses Schlusses an einem besondern Krankheitsfalle nachweisen können. — So weit über die somatischen Folgezustände.

Grade in dem oben abgezeichneten Bezirke der Scheiteloberfläche des grossen Gehirnes und vorzugsweise in den dort gelegenen Rindenschichten haben wir das psychische Organ als solches zu suchen. Namhafte und chronisch angelegte Hyperämien an dortiger Stelle werden auf Grund der damit nothwendig verbundenen Ernährungsstörungen Alteration der psychischen Thätigkeiten nach sich ziehen. Die theoretische Entwicklung dieses Verhältnisses würde zu weit ab und in's Unsichere führen. Wir werden indessen im III. Abschnitte an unsern Beispielen die specifische Ausdrucksweise der mit venöser Hyperämie im Gehirne verbundenen Psychosen noch weiter kennen lernen.

Und nun möchte ich zum Schlusse dieses Abschnittes auf eine Art Gegenprobe zu unserer Aufstellung hinweisen: Ist es richtig, dass das foramen iugulare eine hochgradige Verengerung erhalten kann, ist es richtig, dass die verengte Lücke überhaupt oder unter Umständen Rückstauung des venösen Blutes im Kopfe mit ihren Folgen erzeugen kann, dann müssen die im vordern Theile der Lücke verlaufenden drei Nerven entweder durch die Enge an sich, oder durch den in dem festen Umringe am stärksten wirkenden Druck der Blutsäule in ihrer anatomischen Beschaffenheit, respective in ihrer physiologischen Wirksamkeit eine Umänderung und Störung erleiden. Dass diese specifische, locale Beeinträchtigung der genannten Nerven wirklich anatomisch sichtbar vorkommt, oder sich doch in abgeänderter physiologischer Wirksamkeit, wie in einem Experimente, deutlich geltend macht, werden wir nachher bestätigt sehen.

II.

Als Neurosen des Kopfes in neuerm Sinn lassen sich aus den alten Schriftstellern zusammenzählen die Arten: cephalaea, cephalalgia, epilepsia, vertigo, apoplexia, paralysis, lethargus (coma und syncope), catalepsia, phrenitis, melancholia, mania, fatuitas. Von allen diesen „passiones“ ist uns die phrenitis (deliratio vehemens cum alienatione atque febre, desinens in interfectionem, aliquando et in sanitatem, D. Hierophilus) trotz der grossen Rolle,

welche sie in allen Schulen und deren Controversen bis in unser Jahrhundert gespielt hat, die fremdeste geworden. Fortgeschrittenes Wissen hat sie durch Auflösung in Theile beseitigt, und es ist nur noch einem Bruchstücke, der combinirten Gehirnhaut-Gehirnentzündung, hier und da (Canstatt) der alte Name gelassen worden.

Und doch, so wie die ältern Aerzte über die *ratio formalis* der *phrenitis* zu einer übereinstimmenden Meinung nicht gelangen konnten, vielmehr die überlieferte Krankheitsbestimmung durch immer neue Glossen umgestalteten und schliesslich in der Mehrzahl zu einseitig phlogistisch auffassten, so ist in gleicher Weise das *delirium acutum* (*délire aigu*) der Neuern, was zweifellos die wesentlichsten Bestandtheile der alten *phrenitis* enthält, ein, in seiner Allgemeinheit aufgestellt, zwar noch unentbehrlicher, und nach seinem besondern empirischen Inhalte auch als selbstständig gerechtfertigter, allein in Bezug auf pathologische Thatfachen und daraus sich ergebende nosologische Präcisirung ein noch vager, ungeläuteter und strittiger Krankheitsbegriff.

Die Auflösung der alten Species „*phrenitis*“ erfolgte anfangs dieses Jahrhunderts in Deutschland gegen die einseitige Entzündungstheorie van Swieten's und Anderer theils durch Peter Frank, der entzündliche Gehirnkrankheiten zur *encephalitis* und die *phrenitischen* Delirien, als Symptome, zu verschiedenen fieberhaften Krankheiten verwies, und theils durch Reil, der in ihr ausschliesslich die acute Geisteskrankheit erkennen wollte und sie der Manie subrubricirte. Für uns blieb der Haupttheil der *phrenitis* durch Reil zunächst als *mania acuta* im psychiatrischen Systeme erhalten, bis später der Name *delirium acutum*, von dem französischen *délire aigu* hergenommen, an die Stelle trat. In ähnlicher Weise vollzog sich etwas später die Scheidung in England (Abercrombie) und in Frankreich. In Frankreich, wo um diese Zeit die differenzielle Diagnostik der Gehirnkrankheiten überhaupt ihre eigentliche Begründung erhielt, fand vorzugsweise bei den Irrenärzten, wir möchten sagen bei allen namhaften, diejenige Form von Geisteskrankheit, welche sich abweichend von allen andern durch raschen Ausbruch, continuirliche Delirien, schnellen Puls, Mangel an motorischen und sensiblen Störungen, durch Nahrungsverweigerung und raschen Tod auszeichnete, das *délire aigu*, eifrige Beachtung. Wir besitzen einschlägige Notizen und Studien hierüber von Esquirol, Lélut, Falret, Calmeil, Parchappe, Fodéré, Brierre de Boismont u. A. In diesen Vorarbeiten,

die Bahn zu brechen hatten, ist so zu sagen Alles zu finden, was sich für das moderne Thema empirisch und speculativ beibringen liess. An die doppelte Seite, an die psychische und somatische, konnte man jedes Fieber mit Delirien anknüpfen. Das *dé lire aigu*, viel zu sehr symptomatisch aufgefasst, bekam dadurch eine grosse Ausdehnung.

Brierre de Boismont brachte in einer längern, der Akademie der Medizin vorgelesenen Abhandlung die erste systematische Ordnung in die vage Krankheitsidee, indem er hauptsächlich von eigenen, genau beobachteten Fällen ausging und daraus in synthetischer Methode auf Formdifferenzen Schlüsse zog. — Fast gleichzeitig erfolgten auch aus Hospitälern nicht continentaler Länder Beobachtungen und Mittheilungen über das *delirium acutum*. Und in diesen liegt das grosse Verdienst, dass darin ungestört von Traditionen und Schulansichten das *delirium acutum* in ursprünglicher Auffassung ein einfacheres Krankheitsbild darbietet und nur in der Form geschildert wird, die wir nach B. de Boismont und Jensen die idiopathische nennen. — In der neuesten Arbeit deutschen Ursprungs von Schüle ist wieder mehr auf ein grösseres Material zurückgegriffen und auf Grund klinischer Beobachtungen eine neue Theilung, respective Auflösung des *delirium acutum* in eine maniakalische Form, „ein Analogon der Encephalo — meningitis“, und in eine melancholische, „ein Analogon des Inanitionstypus“ durchgeführt worden.

Die Ergebnisse der einzelnen Arbeiten, wie sie historisch folgen, besonders für die Diagnostik des *delirium acutum*, lassen sich in der Kürze folgender Maassen charakterisiren.

Abercrombie trennt von der entzündlichen Meningitis eine nur wenig beachtete Abart, bei der man einen höchst gefässreichen Zustand der *pia mater* mit wässriger Ausschwitzung zwischen ihr und der *Arachnoidea* finde, und welche unerwartet schnell tödte. Sie habe oft deutliche, oft nicht bemerkte Vorboten. Der Befallene zeige eine ausserordentliche Erregtheit auch in seinem Betragen, springe von einem Gegenstand auf den andern ab, habe Sinnestäuschungen, oder auch nicht, kleinen, frequenten Puls, keinen Schlaf. In einigen Fällen kämen schliesslich Convulsionen oder Coma hinzu; gewöhnlich erfolge der Tod unter plötzlichem Sinken der Kräfte.

Brierre de Boismont giebt uns zuerst die Krankheitsgeschichten von elf Fällen. Daraus entwickelt er durch Zusammenstellung der gleichartigen die allgemeine Semiotik. Hierbei findet er Differenzen, die ihn zur

Annahme einer idiopathischen (protopathischen, schweren) und deuteropathischen Form veranlassen. (Die letztere bespricht er noch besonders in einem zweiten Aufsätze in der Union médicale.) Die Schwierigkeiten der Diagnose lägen in den vielen points de contact mit andern Krankheiten; sie sichere sich aber nicht bloss durch die exclusive Methode, sondern auch positiv durch das plötzliche Auftreten der Delirien mit eigens grosser Incohärenz der Vorstellungen, durch die mehr schreckhafte Aufregung auch mit Lebensüberdruß, die hohe motorische Unruhe, den sehr beschleunigten Puls, durch die Hydro- und Sitophobie (*délire aigu hydrophobique*) das krampfhaftes Schlucken, den veränderten Ton der Stimme, die Constipation und durch den raschen Ablauf (aber immer unter Remissionen) gewöhnlich in wenigen Tagen mit Tod, in seltenern Fällen mit baldiger Genesung (Recidive kämen vor, auch Uebergang in chronische Geisteskrankheiten) — vor Verwechselung mit *encephalitis*, *delirium tremens*, typhoiden und Eruptions-Fiebern, Vergiftungszuständen und acuter Manie. Das *délire aigu* in seiner Einfachheit entspreche ohne Zweifel einer eigenartigen Modification im Gehirne, deren Natur uns noch unbekannt sei.

Luther Bell, Arzt am MC-Lean Asylum, ist ganz selbstständig auf die noch unberücksichtigt gebliebene Krankheitsform, die zwischen Fieber und entwickelter Manie in der Mitte stehe, gekommen. In dem genannten Asyle seien binnen 12 Jahren vierzig unter 1700 Fällen beobachtet worden. Der Ausbruch erfolge gewöhnlich ohne weitere Antecedentien. In den Delirien herrsche der Charakter der defensiven Angst vor; daraus seien die Kranken jedoch leichter erweckbar, als in andern delirienhaften Zuständen. Die stete Unruhe, der Mangel an Schlaf, die Nahrungsverweigerung brächten die Kräfte so rasch herunter, wie dieses in keiner ähnlichen Krankheit statfinde. Die Meisten stürben binnen 2—3 Wochen. Die Reconvalescentz trete in ebenso kurzer Zeit als absolute Besserung auf.

Jensen, Arzt am St. Hans-Hospitale zu Copenhagen, stellt das idiopathische *delirium acutum* in eine eigene Gruppe neben die Manie. Er entwickelt die Gründe, wie misslich es sei, in dem Ausdrücke der Delirien, wie viele Franzosen es gethan, ein vorzügliches Unterscheidungszeichen für diese Krankheit zu suchen. Auf die somatischen sei mehr Gewicht zu legen; und diese in Verbindung mit den psychischen gäben erst der Krankheit das scharfe Gepräge. Er sieht darin eine Cerebralhyperämie, die als acute Geisteskrankheit auftrete und neben moralischen Ursachen solche habe, welche

auf die Gehirncirculation störend einwirken. Unter den Prodromen fehle meistens der Kopfschmerz. Gewöhnlicher sei, dass Veränderung der natürlichen Stimmung, Müdigkeitsgefühl, allgemeines Unbehagen vorangingen. Im Ausbruche selbst erkenne man alle Erscheinungen, psychische und somatische, des Wechsels zwischen der Cerebralirritation und des Cerebraltorpora, und auf diese Weise ergäben sich auch die Remissionen. Die lallende, gebrochene Sprache, der kleine schnelle Puls (einige Male habe er auch einen ganz langsamen beobachtet), die mühsame Respiration, die Nahrungsabwehr nebst Schlingbeschwerden seien sichere Merkmale. Der veränderte Chemismus des Blutes in der Gehirnstase sei auch in Rechnung zu ziehen. Die entfernteren Ursachen fänden sich in obstruirenden Herz- und Lungenkrankheiten.

Thulié, ancien interne de Charenton, beschreibt in seiner Dissertation eine besondere Form des *délire aigu*, die er zum Unterschiede von der sympathischen, der intoxicatorischen und der symptomatischen, „*sans laisons*“ nennt. Er sieht *les troubles de la circulation* im Gehirne als die einzige nächste Ursache an, aber auf dem Boden einer allgemeinen *anémie suraigue*. Die insidiöse Krankheit verlaufe in zwei Stadien, wovon das erste sich hervorhebe durch grosse motorische Unruhe, incohärente Ideen und entsprechende Hallucinationen, umspringende Stimmung, Verweigerung der Nahrung, häufiges Ausspucken, sehr beschleunigten Puls, und das zweite, wenn es erreicht werde, durch Schwächezustände und Erscheinungen der Blutzerzeugung. Der Tod folge gewöhnlich in der zweiten bis vierten Woche.

Schüle findet das Charakteristische der psychischen Symptome in der hochgradigen Bewusstseinsstörung, die von Anfang an bestehe, woraus sich aber lichtere Momente in mehr oder weniger klaren Apperceptionen abheben. In dem motorischen Systeme manifestire sich eine sehr gesteigerte Reflexerregbarkeit auf alle Reize, die wohl theilweise auch die Nahrungsabwehr, die grimassirende Mimik, die schnellenden, stossenden Rumpf- und Gliederbewegungen hervorrufe. Schlingbeschwerden, Gaumensprache, ungleiche Respiration, Obstipation bekundeten auch die Störung der unwillkürlichen Muskeln. — Das tiefe Mitergriffensein des ganzen Organismus und der rasche Collaps sei constant in allen Fällen. In einigen fehle das Fieber, in anderen steige die Temperatur auf 40° C. und mehr. Auch in den schlimmsten Fällen seien Remissionen pathognomisch.

Als Curiosum fügen wir noch hinzu, dass uns die wichtigsten Symptome

des delirium acutum: Neque potus nec cibi postulatio, difficilis ac convulsoria deglutitio, vox mutata, tussicula et screatus frequens, respiratio anghela, difficilis, inaequalis, insania summa, sed in plurimis intervallata, studium fugae, manuum et pedum iactatio, immoderatae vigiliae, oculi squalidi, sicci, pulsus parvus atque creber, nulla doloris vexatio e. c. t. in den Schilderungen der ältern Schriftsteller von der phrenitis und ihren Fällen in frappanter Weise erhalten sind.

Aus dem Vorangestellten erkennen wir den Grundzügen nach ein Krankheitsbild, welches uns zwar in allen Schilderungen als ein gesondertes und charakteristisches, aber nur in einzelnen als ein vollständig abgegränztes und einheitliches entgegen tritt. Die Darstellung von Abercrombie und Jensen und auch von Boismont, mit Beschränkung auf dessen Fälle von *délire aigu hydrophobique*, sind die befriedigendsten, weil sie in entschiedener Weise mit Angabe unzweideutiger diagnostischer Merkmale auch für den pathologischen Gehirnzustand einfache und übereinstimmende That-sachen beibringen. — Andre Beobachter, und in der Hälfte seiner Fälle auch Boismont, haben die Conturen in ihrer Semiotik grösser gezogen und auch dem pathologischen Substrate viel mehr Ausdehnung gegeben. Schüle benutzt bestimmte Variationen darin mit zur Unterscheidung seiner Gruppen, und Boismont und Bell haben ihre Befunde nicht für deutlich und übereinstimmend genug erachtet, um daraus die anatomisch-pathologische Frage auch nur nach Kategorien zu entscheiden. — Für unsere Behauptung, dass in der grössern Abtheilung des delirium acutum (das als solches in dieser Allgemeinheit aus dem Systeme noch nicht beseitigt werden kann), es eine bestimmte, hervorgehobene Species, das delirium acutum idiopathicum gebe, sind die genannten Autoren, die nur diese Form schildern und anatomisch nachweisen, genug. Es ist schon genügend, wenn Jensen mit seinen vollen klinischen Belegen dafür eintritt und neben seiner idiopathischen Form und der ihr zu Grunde liegenden passiven Gehirnstase gar keine andere in Frage zieht. Die Aufklärung jenes bemerkenswerthen Vorganges der raschen und wenigstens zunächst guten und vollen Reconvalescenz, welche fast alle Schriftsteller als Ausnahme gesehen haben, gelingt sicherlich am besten durch die Annahme der hyperämischen Stase unter Bedingungen, welche die Ausschwitzung zurückhalten. Es ist auch nicht schwer, aus der gesammten übrigen Casuistik eine ganze Reihe von Sectionsergebnissen aus-zulesen, die für das protopathische delirium acutum Gehirnhyperämie mit

flüssigen Exsudaten in Häuten und Substanz nachweisen. — Dieser Theorie von der Stase gar verwunderlich beistimmend ist die Definition des Asclepiades von der Phrenitis: *Phrenitis est corpusculorum statio sive obstrusio in cerebri membranis frequenter sine consensu, cum alienatione et febris.*

Schon früher versuchten wir (s. Allgem. Zeitschr. f. Psychiatrie, Bd. 20 S. 582) die Ansicht Jensen's durch Hinzufügung des fehlenden letzten Grundes, der specifischen causa remota, zu stützen. Jetzt sind wir im Stande diesem Versuche durch neue sprechende Beobachtungen weitem Nachdruck zu geben.

III.

Uns sind in den letzten fünf Jahren vier Fälle von in rascher Entwicklung und Beendigung verlaufener Geistesstörung vorgekommen, welche unbestritten zu der Gruppe *delirium acutum idiopathicum* gehören, und wovon einer mit Genesung geendigt hat. Die zwei ältern dieser Fälle sind in ausgeführterer Schilderung, wie angegeben, bereits bekannt gemacht worden. Auch die zwei neuern sind nicht minder geeignet, in anatomischen That-sachen einen Anhaltspunkt zu bieten, auf welchem das pathologische Verständniss der schlimmsten aller Geisteskrankheiten fassen kann. Die Diagnose a priori hatte mehr Schwierigkeit, als man sich vorstellt. Die veränderlichste Seite der Symptome, die psychische, nimmt die Auffassung gefangen, und wir schliessen anfänglich viel eher auf beginnende Tobsucht oder auf melancholische Aufregung, wovon wir chronischen Verlauf erwarten, als auf eine acute Krankheit mit meist funestem Ausgange. Die sofortige delirienhafte Verworrenheit, die adäquate Zerfahrenheit in den Bewegungen, die Schreckhaftigkeit, der ungewöhnliche, meist kleine und schnelle Puls, sind für unser Urtheil frühzeitig sehr wichtige Merkzeichen.

Der erste Fall betraf einen 45jährigen verheiratheten Mann. Vermögens-einbusse, Anstrengungen in Kammersitzungen sind als psychische Ursachen anzusehen. Vorboten wohl merklich schon drei Monate vorher, als Schweigsamkeit, Zerstreutheit, Abgeschlossenheit, Schlafmangel. In wenigen Tagen völlige Entwicklung der Krankheit. Drang zum Davongehen, Selbstbeschädigungsversuche nöthigten zur Unterbringung. In der Psyche herrschte vor gänzlich Unvermögen, irgend einen vollständigen Gedanken zu produciren, fast continuirlich erregte, schreckhafte Spannung des Sensoriums und Rastlosigkeit. Ausserdem bestanden totale Nahrungsverweigerung, Schlingbe-

schwerden, Urin- und Stuhlverhaltung, beschleunigte Athmungsbewegungen, kleiner Puls, veränderlich schnell bis 120, Schlaflosigkeit, kühle Extremitäten und etwas contrahirte Pupillen. Die Höhepunkte der Aufregung fielen in den 7. bis 14. Tag. Am 16. Tage eine Art coma vigil mit Erweckbarkeit; daneben mehrer Anfälle eines convulsivischen Tremors durch die Gliedmaassen. Am 18. sehr bemerkenswerthes, momentanes Aufleben beim Besuche der Frau mit stotternd hervorgebrachten, der Lage angemessenen Bemerkungen. Tod am 20. Tage bei einer Pulsfrequenz von über 120 und einer Respiration von 40. Die Section des Kopfes ergab: Schädelumfang von 63 Centimetern, grosse Adhärenz der dura mater an die Calva, Knochenverdickung an Schädelbasis und Peripherie, venöse Blutfülle allenthalben, beträchtliches seröses Exsudat auf der Scheitelgegend, sehr feuchten Arachnoidealraum, zu enge foramina iugularia, und vorzugsweise das linke reducirt auf die Hälfte der normalen Durchmesser, entsprechend zu schmale sulci transversi, und der nervus vagus sinister nicht umfänglicher, als der nervus facialis! — —

Zweiter Fall. Kräftiges 22jähriges Mädchen. Erbliche Anlage zu Gehirnkrankheiten. Schrecken, Ekel, unterdrückte menses als Anlässe. Fast plötzlicher Ausbruch. Darin die heftigsten Muskelagitationen nicht in Angriffen, mehr in Abwehr, Aufschreien, Ausstossen von Namen, Schimpfnamen mit rauher Stimme ohne allen Zusammenhang, mit stillem Faseln abwechselnd. Etwas Schleimfluss aus Nase und Mund, Verweigern der Nahrung, kein oder nur der Schein des Schlafes. Vorübergehende Besserung, wie auch im ersten Falle, nach lauen Bädern mit kühlen Aufschlägen. Zunehmend grosser Collapsus. Seit dem 13. mehrentheils comatöse Betäubung und Ptosis am rechten Auge. Merkwürdiges Aufwachen bei Empfang der Sakramente und Erscheinen der Eltern. Sprechversuche mit einiger Verständlichkeit. Tod am 14. Tage unter Pulsfrequenz von 140 und mehr. Section: Mühsames Lostrennen des Schädelgewölbes von der dura mater. Auffällige Schwere desselben. Geschlängelt verlaufende, prall gefüllte Venen auf der Gehirnoberfläche mit opaker, flüssiger Ausschwitzung zwischen ihnen links und rechts mehrer Zoll gross, Gehirnhäute feucht. Sinus transversus dexter und foramen iugulare dextrum von ungefähr gewöhnlicher Grösse, dagegen foramen iugulare sinistrum nur spaltförmig, im graden Durchmesser 4 Mm., im queren 7 Mm. messend, ohne bulbus für die vena iugularis, ohne Emissarien neben sich.

Der dritte ist ein Recidivfall bei einem 25jährigen Mädchen. Vorboten drei Wochen vorher empfunden als Vergesslichkeit, schlechter Schlaf, Herzklopfen, Benommenheit und Schwere des Kopfes, Ruhebedürfniss, reizbare Stimmung. Veranlassende Schädlichkeiten: kühle Flussbäder, ausgebliebene menses, ermüdender Besuch. Die volle Krankheit in zwei Tagen ausgebildet. Unruhige, zwecklose Agitation, verwirrtes Faseln, nur Namen, Trümmer von alten Erinnerungen, schreckhafte Sinnestäuschungen, grosse Angst und Beklommenheit, starre, widerspenstige Haltung, stetige Flexion des Kopfes in der (zwangweisen) Bettlage, plötzliche Raptus zur Selbstbeschädigung, Nahrungsabwehr, „könne nicht schlucken“, Puls klein und schnell, oder langsam, gross und voll, starrer Ausdruck der injicirten Augen, anfliegend geröthetes Gesicht, Urin- und Stuhlverhaltung. Am 15. Tage mehr Ruhe, eine Art Schlummersucht vorherrschend. Das Gesicht bleibt geröthet. Der Puls geht dabei zur Zeit bis auf 48 herab. Eine kleine Exacerbation in Unruhe zur Regelzeit. „Sie habe ein Gehirnfieber.“ Darnach rasche Erholung. Völlige Klarheit 8 Wochen später. Die Erinnerung an die erste Zeit der Krankheit fast verlöscht.

Vierter Fall. Bei einem 65jährigen Fräulein zeigten sich Vorboten schon 6 Monate und länger vorher, zeitweise als gedankenloses Hinstarren, Lebensunlust, Angstanfälle mit Greifen nach der Herzgegend, Klagen über trockene Zunge, Brand im Munde, Husteln, Räuspern, Augenschwäche, Kälte im Hinterkopfe, Sausen vor den Ohren, Furcht eines Schlaganfalles, Appetitmangel u. A. Rascher Durchbruch der Krankheit in wenigen Tagen. Namhaft empfunden wird das Unvermögen, sich auszusprechen. Aengstliche Unstätigkeit, schreckhaftes, misstrauisches Sichretiriren, einerlei Refrain besonders in Anklagen: Eine Prise Tabak, Arznei, der Augenspiegel seien Schuld an dem verworrenen Kopfe. Drang zum Entweichen, Schlafmangel, Constipation, Abwehr der eben noch concedirten Speise. Puls nie unter 108, klein, schwach; auffallend leerer, hohler Ausdruck der Augen, rauhe, modulationslose Stimme, sehr fahle Gesichtsfarbe. Am 10. Tage gänzlich verworrenes Reden, Verwechselung der Namen, sinnloses Widerstreben bei allen Handleistungen, sichtlichster rascher Verfall. Comatöse Anwandlungen seit dem 18. Tage mit spontanem Wiederaufleben. Am 19. und 20. Tage durchgehends Coma, aber mit ziemlich prompter Reaction auf Ansprache. Am 21. Morgens Contractur der rechten Hand, Schleimrasseln, aussetzender Puls, Tod. — Section: Die Randdicke der nur sehr mühsam gelösten Calva misst an

den dünnsten Stellen 5 Mm., an den dickern bis 8 und 10 Mm. Sehr tief eingeschnittene Meningealfurchen. Alle Nähte bereits verwachsen und schmale Diploë. Auf den umgeschlagenen Lappen der dura mater finden sich links ein einziger, mehre Zoll grosser, rechts zwei getrennte, vor einander liegende kleinere Placken dünner, rostrother, verschiedentlich pigmentirter Blutexsudate, die sich wie eine feine, mit Fäden anklebende Haut von der Unterlage abziehen lassen, wobei Flecken dünn flüssigen Blutes zurückbleiben. Der sinus longitudinalis enthält ein langes Blutgerinnsel, die venae cerebrales superiores sind stark gefüllt, ectasirt, gewunden und haben zwischen sich seröse Exsudate in das Bindegewebe eingelagert. Venöse Hyperämie setzt sich weit in's Gehirn fort und ist mit leichter wässeriger Durchfeuchtung verbunden. Die pia mater lässt sich von der Rindenschicht etwas schwierig abnehmen, ist aber damit nicht verklebt. — An der Schädelbasis zeigt sich der deutlichste Unterschied zwischen dem sinus transversus nebst dem foramen iugulare auf der einen und auf der andern Seite; und zwar ist dieses Mal das rechte foramen mit seinem sinus auf die Hälfte des normalen Maasses verkümmert und hat auch keine Emissarien in seiner Nähe. Das foramen magnum nimmt eben die Daumenspitze auf.

Jeder der eben geschilderten vier Fälle hat unverkennbare Aehnlichkeit im Ganzen und im Einzelnen mit dem Krankheitsvorgange, welchen wir im vorigen Abschnitte aus den angeführten Beschreibungen kennen gelernt haben. Auch ist jeder dem andern unter sich mehr als generell ähnlich. Nach ihnen zu urtheilen können wir nicht einmal die semiotischen Unterschiede constatiren, welche einige Schriftsteller zur Bildung von Categorien in der Gattung geltend gemacht haben, indem sie auf Grund verschiedener psychischen Symptome eine maniakalische und eine melancholische Abart neben einander stellten. Nach unsern Fällen wäre dieses Auseinanderlegen kaum statthaft. Wir meinen, nach ihnen wäre grade auf ihre psychische Einheitlichkeit Nachdruck zu legen, und das Vorschlagen bei dem einen in lärmhafte Entäusserungen, bei dem andern in angstvoll gespannte Zurückhaltung, sei von zu geringem pathognomischen Werthe. Die psychische einheitliche Besonderheit drückt sich bei allen aus und zwar in dem auf rascheste Weise zu Stande kommenden Unterliegen der Besinnlichkeit, ähnlich wie in Delirien fieberhafter Krankheiten, mit welchem besonders zu Anfang die grosse Aengstlichkeit und Aufschreckbarkeit mit je nach Umständen hochgradiger Agitation und Reaction mittelst der hoch erregbaren und regen Motilität

verbunden ist. Diese sensitive und motorische Erregbarkeit, welche im ersten Stadium vorherrscht, verliert schon nach der zweiten Woche an Grad und Dauer. Sie geht in der zunehmend grossen Bewusstseinsstörung mehr und mehr unter; es bildet sich eine Art psychischer Betäubung aus, aber mit jener merkwürdigen Erweckbarkeit, die sich noch in den letzten Stunden, man möchte sagen, je später, je vollständiger, durch starke psychische Reize hervorrufen lässt. Dieses ist der charakteristische Complex der psychischen Symptome in unsern Fällen, und die Schwankungen in der Agitation, mögen sie auch sehr bedeutend sein, halten wir für untergeordnet. — In den somatischen Symptomen besteht ebenfalls eine grosse wesentliche Gleichartigkeit unter allen vieren. In dem Genesungsfalle ist nur der Grad ein geringerer. Die scheinbare Hauptdifferenz liegt in dem Herzschlage, der in diesem Falle als zwischen langsam und rasch schwankend und in der Reconvalescenz als für eine Zeit lang sehr verlangsamt angegeben ist. Es ist sehr beachtenswerth, dass ein genauer Kenner des *delirium acutum*, Jensen, den Puls auch zwei Mal als ungewöhnlich verlangsamt beobachtet hat. Von diesen zwei Fällen ist nicht gesagt, ob sie auch günstig verlaufen sind. Diese Ausnahme ist also zwar eine seltene, aber doch eine zuzurechnende. Wir wollen später die Erklärung versuchen, dass Gegensätzliches nicht darin liegt. — Eine andere Differenz zeigte sich in dem geröthet bleibenden Gesichte der Genesenden. Diese Erscheinung spricht für die bessere Thätigkeit der anastomosirenden Venen und gilt uns als ein gutes prognostisches Zeichen, während das Fahlwerden des Gesichtes ein schlechtes ist. Grösser noch ist die Uebereinstimmung in den Resultaten der Leichenöffnungen. Sie kann kaum sprechender sein. Wir finden unseres Erachtens nur Abweichungen im Umfange ganz derselben pathologischen Vorgänge. Die beschriebenen anorganisirten Blutschichten, die der Pigmentbeschaffenheit nach zum Theil älteren Datum's sind und welche nach den Handbüchern unter die pachymeningitischen Bildungen gehören, können in ihrem Ursprunge wohl mit Fug als das Produkt eines relativ zu starken Blutdruckes in den venösen Capillaren der harten Gehirnhaut angesehen werden, wobei mit Blutwasser auch Blutzellen zum Durchtritte kommen. (Rayer, Cruveilhier bestätigen diese Möglichkeit.) Grade die hier sehr dicken Knochenwandungen mit den tiefeingeschnittenen arteriellen Furchen, den verwachsenen Nähten, der schmalen Diploë deuten auf eine grosse, chronische Gefässthätigkeit in den Knochenhäuten hin. Die prodromalen besondern Erscheinungen, die der acuten

letzten Krankheit vorangingen, mögen sich mit den Ausschwitzungen ältern Datums in Verbindung bringen lassen. In diesem Falle fand sich auch das foramen iugulare dextrum zu enge. — Die belehrendste Abweichung in den Sectionsbefunden bot uns der erste Fall in der offenbaren Verkümmernng des linken nervus vagus dar. Diese konnte nur durch Raumverengerung in der Durchgangsstelle entstehen, und beweist nicht nur die Thatsache der Verengerung in diesem Falle gerade zu, sondern ist auch beweisfähig für die Annahme analoger Vorgänge unter ähnlichen Bedingungen in unsern andern Fällen, wenn schon der Augenschein der anatomischen Verkümmernng nicht so messbar und so handgreiflich war (s. I. Abschnitt). Die specifischen Symptome, welche sich in unsern vier Fällen genau in den Gebieten des nervus accessorius, vagus und glossopharyngeus, als Störungen im Hunger- und Durstgefühle, in den Schlingbewegungen, in der Herzthätigkeit, in der Articulation und dem Klange der Sprache, in der Schleimabsonderung des Mundes, in der Respiration, in der starren Haltung des Kopfes continuirlich zeigten, finden in Anbetracht ihrer Ursache und ihres Zusammenhanges kaum eine andere Erklärung, als die von uns oben gegebene und ausgeführte. Die Ungleichheit und spätere Verlangsamung des Herzschlages im dritten Falle stellt einen nur geringen Grad der Störung im Vagusgebiete dar unter leichterem und modificirter Wirkung der drückenden Blutsäule. Die Abweichungen im Respirationsakte sind als weniger gleichartig beobachtet worden. Vielleicht erklärt sich dieses dadurch, dass, da die Nerventhätigkeit bei den Athembewegungen von mehreren Ganglien-Centren ausgeht, andere Centra mit Verschiedenheit des Grades wirksam waren.

In der Tödtlichkeit und der Todesart unserer Fälle liegt ein weiterer Beweis zu Gunsten der Voraussetzungen in unserm Thema. Nach den Schriftstellern sterben gegen 85 pCt. an der Krankheit. Der Vorgang beim Sterben hat etwas streng Eigenartiges. Die Erweckbarkeit bleibt bis in die letzten Momente. Lähmungen und vorherige Krämpfe in den willkührlichen Muskeln zeigen sich auch erst ganz spät. Der Tod ist hier die Summe vieler Schädlichkeiten, die sich untereinander bedingen. Er erfolgt durch specifische Lähmung wichtiger Nerven, durch Inanition und Folgezustände, durch Ausschwitzung über dem psychischen Organe, durch Gehirnödem, durch Hypercarbonisation des Blutes (Jensen). — Die Congruenz unserer Fälle scheint uns demnach in allen Beziehungen gerechtfertigt. — Bei unsern Sectionen ist leider die Eröffnung des Thorax und des Abdomen

unterblieben (s. Schüle). Auch manches Andere kam nicht zu einer genauen Bestimmung, z. B. Temperaturmessungen. Einzelnes konnte hier auch aus Raummangel nicht gehörig durchgeführt werden.

Wir schliessen: Mechanisches Circulationshinderniss in der Venenbahn des Kopfes, venöse Hyperämie und Stase im Gehirne, lokalisirter Blutdruck auf eine bestimmte Nervengruppe bilden in ihrem natürlichen Zusammenhange die ratio formalis eines specifischen Krankheitsprocesses, des delirium acutum idiopathicum. Und wir müssen es uns genug sein lassen, diesen Zusammenhang wenigstens für unsern Cyclus von Fällen nachgewiesen zu haben.

Litteratur:

- Malacarne (S. Burdach, Beiträge zur Kenntniss des Gehirnes II. 6. p. 106).
 Malacarne (S. Friedreichs Litteraturgeschichte der psychischen Krankheiten p. 294).
 Niépce (S. Virchow's gesammelte Abhandlungen p. 972).
 Barkow u. Hoffmann (S. Hoffmann über organische Gehirnkrankheiten der Irren in Günsburgs Zeitschrift III. B. p. 131).
 Hertz (S. Allgemeine Zeitschrift für Psychiatrie XX. B. p. 582).
 Hasse (S. Krankheiten des Magenapparates p. 362).
 Kellie (S. Burrows Beobachtungen über die Krankheiten des cerebralen Blutkreislaufes, übersetzt von Posner 1847).
 Hierophilus (S. Caelius Aurelianus de morbis lib. I).
 Canstatt (S. Medicinische Klinik III. B. S. 40).
 van Swieten (S. Commentaria lib. IV).
 Peter Frank (S. Epitome LII p. 43).
 Reil (S. Ueber Erkenntniss u. Cur der Fieber B. IV p. 409).
 Abercrombie (S. Krankheiten des Gehirns, übersetzt von v. d. Busch p. 82).
 Brierre de Boismont (S. mémoires de l'académie de médecine Tom. XI und l'union médicale Tom. III p. 557).
 Luther Bell (S. Allg. Zeitschrift für Psychiatrie B. VIII. p. 107).
 Jensen (S. Allg. Zeitschrift für Psychiatrie B. XI. p. 617).
 Thulié (S. Etude sur le délire aigu sans lésions. Paris 1865).
 Schüle (S. Allg. Zeitschrift für Psychiatrie B. XXIV. p. 316).

Ueber das Ammonium-Amalgam.

Von
Hans (Heinrich)
Dr. H. Landolt.

Das merkwürdige Verdicken und Aufschwellen, welches das Quecksilber zeigt, wenn man dasselbe als negativen Pol zur Electrolyse der Lösung eines Ammoniaksalzes anwendet, oder es auf eine solche in Form von Natrium-Amalgam einwirken lässt, ist zuerst von Berzelius dem Entstehen eines Ammonium-Amalgams zugeschrieben worden. Er nahm bekanntlich an, dass das Radical NH_4 ein zusammengesetztes Metall darstelle, welches sich bei der Abscheidung aus seinen Verbindungen mit dem Quecksilber legire. Diese Ansicht hat allgemeine Verbreitung gefunden, und es ist das Auftreten des Amalgams immer als eine der wesentlichsten Stützen der Ammoniumtheorie betrachtet worden.

In neuerer Zeit sprach Wetherill¹⁾ die Meinung aus, dass das Amalgam kein Ammonium enthalte, sondern nur ein durch Absorption von Gasblasen (NH_3 und H) schwammförmig aufgetriebenes Quecksilber sei. Er schliesst diess aus einigen qualitativen Beobachtungen, welche ergaben, dass wenn man z. B. das Anschwellen des Quecksilbers durch Pressen verhindert oder dem Metall Platinschwamm zusetzt, sich kein Ammonium-Amalgam bildet. Dieselbe Ansicht theilen auch Pfeil und Lippmann²⁾, indem sie fanden, dass die chlorwasserstoffsäuren Salze organischer Basen, wie Anilin, Coniin, Morphin und Chinin kein Amalgam geben³⁾, eine Beobachtung, die

1) Sillim. Amer. Journ. [2] 40. p. 160. — Hübner. Zeitschr. f. Chemie 1865. p. 650.

2) Sillim. [2] 42. p. 72. — Will. Jahresber. 1866. p. 144.

3) Bloss das salzsaure Trimethylamin soll sich nach Pfeil u. Lippmann gegen Natrium-Amalgam wie Salmiak verhalten. Ich habe den Versuch wiederholt, indess gefunden, dass ein Aufschwellen des Quecksilbers nur dann stattfindet, wenn das Präparat noch Chlorammonium enthält. Die reine Verbindung giebt kein Amalgam.

übrigens schon im Jahre 1831 von Brande¹⁾ gemacht worden ist, und zudem in der betreffenden Frage nichts beweist.

Die bisherigen Versuche geben über die Natur des Ammonium-Amalgams noch durchaus keinen entscheidenden Aufschluss. Seitdem Graham²⁾ das beträchtliche Absorptionsvermögen verschiedener Metalle für Gase und namentlich Wasserstoff kennen gelehrt hat, liegt allerdings die Möglichkeit nicht fern, dass auch bei Quecksilber ähnliche Erscheinungen auftreten können. Da indess weder Ammoniak noch Wasserstoff, wenn sie einzeln entweder im freien Zustande oder auch im Entstehungsmomente auf Quecksilber einwirken, von diesem absorbirt werden, vielmehr eine Aufnahme nur dann stattfindet, wenn man sie gemeinschaftlich aus Ammoniaksalzen abscheidet, so scheint es, dass die Verbindung NH_4 als Ganzes die Amalgam bildende Substanz darstellt. Ist diess der Fall, so werden bei der Zersetzung des Ammonium-Amalgams Wasserstoff und Ammoniak stets in dem Volumverhältniss von 1 : 2 sich ausscheiden müssen, während wenn eine getrennte Absorption der beiden Gase stattfindet, ganz andere Mengen derselben auftreten können.

Ueber diesen Punkt sind schon von Davy³⁾ Versuche angestellt worden, welche ergaben, dass in der That auf 1 Vol. H 2 Vol. NH_3 frei werden. Gay-Lussac und Thénard⁴⁾, die ebenfalls das Verhältniss zu bestimmen suchten, führen dagegen verschiedene Zahlen an. Bei dem auf electrolytischem Wege dargestellten Amalgam ergab ein Versuch auf 23 Vol. H 28 Vol. NH_3 , während bei dem mittelst Kalium-Amalgam bereiteten auf 1 Vol. H 2,5 Vol. NH_3 frei wurden. In Betreff der Menge von Ammonium, welche das Quecksilber aufzunehmen vermag, führt Davy an, dass das Amalgam bei der Zersetzung auf 1 Vol. Metall 6 Vol. NH_3 + H gebe, wonach 100 Gew.-Th. Quecksilber 0,0239 Gew.-Th. NH_4 binden würden. Gay-Lussac und Thénard fanden in verschiedenen Amalgamen auf 100 Th. Hg 0,055 bis 0,07 Th. NH_4 .

In Folge dieser abweichenden Resultate war es nöthig, einige neue Bestimmungen vorzunehmen und ich habe dieselben auf folgende Weise ausgeführt:

Das zu verwendende Ammonium-Amalgam musste mit Hülfe der gal-

1) Pogg. Ann. 22. p. 308.

2) Ann. d. Chem. u. Pharm. Suppl. Bd. V. p. 46.

3) Philos. Transact. 1808, 353. — 1810. 55 — Gmelin. Handb. III. 526.

4) Recherches physico-chimiques I. p. 63—73.

vanischen Säule dargestellt werden, da das mit Natrium erzeugte stets noch kleine Mengen dieses Metalls enthalten kann. Der angewandte Apparat bestand aus zwei ineinander gesetzten und durch einen niedrigen Dreifuss getrennten Schalen, von welchen die äussere aus Glas, die innere aus porösem Thon (der Boden mit $\frac{1}{2}$ Zoll hohem Rande einer Batteriezelle) bestand. In beide wurde eine Schicht Quecksilber und darüber Lösung von Salmiak oder schwefelsaurem Ammoniak gegossen. Indem man die in Platindrähte endigenden Pole einer aus 6 bis 10 Grove'schen Elementen bestehenden Säule in der Weise eintauchte, dass das Quecksilber in der Thonzelle die negative Electrode bildete, fand hier die Bildung des Ammonium-Amalgams statt, während der andere Pol sich mit einer Schicht von Calomel überzog. Das Aufschwellen des Quecksilbers ging dabei langsam und ganz ohne Entwicklung von Gasblasen vor sich; eine solche trat erst ein, wenn der Punkt der Sättigung erreicht war.

Um zunächst das Verhältniss zwischen Ammoniak und Wasserstoff bei der Zersetzung des Amalgams zu bestimmen, wurde dasselbe in verdünnte Salzsäure von bekanntem Gehalt eingeworfen, das frei werdende Wasserstoffgas in einem graduirten Cylinder aufgefangen und schliesslich der nicht neutralisirte Theil der Säure durch Titrirung bestimmt. Dabei war es nöthig, das Amalgam möglichst rasch von der anhängenden Salmiaklösung, welche freies Ammoniak enthielt, zu trennen, was durch Waschen desselben unter einem Strahl Wasser geschah. So schnell man indess diese Operation ausführen mag, so kann, da das Amalgam sich fortwährend zersetzt, doch nicht verhindert werden, dass das anhängende Wasser etwas neues Ammoniak aufnimmt, während der Wasserstoff entweicht. Man wird daher nothwendig den Gehalt an erstem Zersetzungsproduct etwas zu hoch finden müssen.

Bei einem ersten Versuch wurden 850 C.C. verdünnte Salzsäure, welche 1,8233 Gr. Chlorwasserstoff enthielten, angewandt und damit eine Glasschaale sammt einer darin stehenden graduirten Röhre gefüllt. Die letztere lief unten in einen Trichter aus, welcher über das eingeworfene und sich zersetzende Ammonium-Amalgam geschoben wurde. Die erhaltene Menge von Wasserstoffgas, reducirt auf 0° und 760 Mm. Druck betrug 15,2 C.C. Die Menge der überschüssig gebliebenen Säure wurde durch Titriren zu 1,7745 Gr. gefunden. Hiernach waren von der Flüssigkeit 0,0227 Gr. Ammoniak aufgenommen worden, welche 29,76 C.C. Gas von 0° und 760 Mm. entsprechen.

Der Versuch ergab somit, dass auf 1 Vol. H 2,15 Vol. NH_3 aus dem Amalgam frei geworden waren.

Eine zweite Bestimmung, bei welcher das Ammonium-Amalgam weniger rasch in den Zersetzungsapparat gebracht werden konnte, ergab auf 1 Vol. H 2,4 Vol. NH_3 .

Nach diesen Resultaten, welche die früher von Davy erhaltenen vollkommen bestätigen, ist es unzweifelhaft, dass das Amalgam NH_3 und H genau in dem ammoniumbildenden Verhältnisse enthält. Diess spricht entschieden dafür, dass die Verbindung NH_4 als Ganzes direct von dem Quecksilber aufgenommen wird, und nicht etwa eine getrennte Absorption von Ammoniak und Wasserstoff die Amalgambildung verursacht.

Durch einige weitere Versuche habe ich die Menge des Ammoniums in dem Amalgam zu bestimmen gesucht. Dasselbe wurde wieder auf electrolytischem Wege mit Hülfe des oben angegebenen Apparates dargestellt. Wenn die Sättigung des Quecksilbers vollständig eingetreten war, wusch man die Masse durch auffliessendes Wasser und brachte sie rasch in verdünnte Salzsäure von bekanntem Gehalt. Nach beendigter Zersetzung wurde der Ueberschuss an Säure durch Titriren bestimmt und das abgeschiedene Quecksilber gesammelt und gewogen.

Bekanntlich nimmt das Quecksilber bei der Darstellung des Ammonium-Amalgams zuerst eine butterartige Consistenz an, und wird, wenn die Sättigung erreicht ist und sich Ammoniak und Wasserstoff zu entwickeln beginnen, durch die Gasblasen schwammförmig aufgetrieben, während zugleich das Metall eine dunkelgraue Färbung annimmt. Die mit Gas erfüllten Hohlräume sinken rasch zusammen, sowie man den electrischen Strom unterbricht, und die Masse wird wieder metallglänzend und butterartig. In diesem letztern Zustande wurde sie zu den Versuchen benutzt.

Man erhielt folgende Zahlen:

Versuch	Erhaltene Mengen von		100 Gew.-Th. Quecksilber nehmen auf:
	Quecksilber	Ammonium	
	Gramm	Gramm	
I.	20.397	0.0118	0.058 Th. Ammonium
II.	24.931	0.0200	0.080 „ „
III.	58.070	0.0525	0.090 „ „
IV.	65.916	0.0550	0.083 „ „
V.	53.984	0.0384	0.071 „ „
VI.	87.972	0.0473	0.054 „ „

Die Schwankungen, welche die Zahlen zeigen, rühren von der mehr oder minder raschen Zersetzung des Amalgams her, und es wird diejenige Bestimmung als die richtigste zu betrachten sein, welche den grössten Ammoniumgehalt ergab. Nimmt man hiernach an, dass 100 Gew.-Th. Hg 0,09 Gew.-Th. NH_4 aufnehmen, so würde das Amalgam bei seiner Zersetzung auf 1 Vol. Hg 15,2 Vol. NH_3 und 7,6 Vol. H geben. Diese Zahlen gelten für die bei gewöhnlicher Temperatur dargestellte Substanz, in der Kälte treten wahrscheinlich grössere Mengen von Ammonium mit dem Quecksilber in Verbindung.

Wenn das Amalgam wirklich Ammonium enthält, so entsteht weiter die Frage, ob diesem letztern nun auch die metallartige Natur, wie sie von Berzelius, Davy u. A. vermuthet wurde, zukommt¹⁾. Hierüber habe ich auf folgendem Wege Aufschluss zu erhalten gesucht:

Wie schon vor langer Zeit Klauer²⁾ und Böttger³⁾ nachgewiesen haben, werden beim Zusammenbringen von Kalium- oder Natriumamalgam mit der Lösung verschiedener Salze die in diesen enthaltenen Metalle reducirt und in Verbindung mit Quecksilber übergeführt. Auf diesem Wege lassen sich bekanntlich Amalgame der meisten Metalle darstellen. Es ist nun offenbar zu erwarten, dass wenn das Ammonium in seiner Legirung mit Quecksilber wirklich metallische Eigenschaften besitzt, es sich ganz analog verhalten muss und ihm die Eigenschaft zukommen wird, z. B. Silber, Kupfer, Eisen u. s. w. aus ihren Salzen leicht abzuscheiden. Diese Prüfung, obschon sie sehr nahe liegt, ist bis jetzt noch nicht angestellt worden.

Zur Ausführung der Versuche musste wieder das auf electrolytischem Wege erzeugte Amalgam benutzt werden. Die frisch dargestellte Substanz wurde in die Lösung des Salzes eingeworfen, das abgeschiedene Quecksilber mit Wasser gewaschen und hierauf vollständig in Salpetersäure aufgelöst. Die Flüssigkeit prüfte man dann auf das Vorhandensein des betreffenden Metalls. Die Menge des Ammonium-Amalgams betrug stets mindestens 100 Gramm.

Diese Proben sind zunächst unter Anwendung von Kupfersulfatlösungen

1) Weyl (Pogg. Ann. 123 p. 358) giebt an, durch Einwirkung von Natrium-Ammonium auf Natronhydrat die Verbindung NH_4 gemengt mit condensirtem Ammoniak als blaue Flüssigkeit erhalten zu haben, welche mit Quecksilber in Berührung gebracht, sich entfärbte, allein dabei keine dem gewöhnlichen Ammonium-Amalgam ähnliche Masse lieferte.

2) Ann. Chem. Pharm. X. 90.

3) Ann. Chem. Pharm. XII. 240. Journ. f. prakt. Chem. I. 302.

und zwar sowohl sauren wie ammoniakalischen ausgeführt worden. Dabei konnte nie Abscheidung von Kupfer resp. Bildung von Kupferamalgam nachgewiesen werden. Ebenso wenig liessen sich aus Silbernitrat- und Eisenchloridlösungen durch das Ammonium-Amalgam die Metalle reduciren; es zersetzte sich dieses vielmehr stets in derselben Weise wie unter gewöhnlichen Verhältnissen, nämlich in Ammoniak und Wasserstoffgas.

Diese Versuche sprechen vollständig gegen die Ansicht, dass das Ammonium ein zusammengesetztes Metall darstelle, welches ähnlich dem Kalium oder Natrium sich verhalte. Dessenungeachtet vereinigt sich, wie wir oben gesehen haben, die Verbindung NH_4 als solche mit dem Quecksilber. Die Natur dieses Körpers und die Bildung des Amalgams wird dadurch noch räthselhafter, und es muss fernern Untersuchungen vorbehalten bleiben, die Frage weiter aufzuklären.

Die Scheitelzellgruppe im Vegetationspunkt der Phanerogamen.

Von
Johanne von
Dr. J. Hanstein.

Hierzu Tafel III.

Die Zellvermehrung im Scheitel eines wachsenden Sprosses, dem sogenannten Vegetationspunkt, ist schon vielfach Gegenstand der Beobachtung gewesen. Es ist nach und nach bei der Mehrzahl der kryptogamischen Familien gelungen, in der Stammknospe eine „Scheitelzelle“ d. h. eine einzelne im Wachsthum voranschreitende Zelle zu finden, aus deren wiederholter gesetzmässiger Theilung sich die Zellen sämtlicher Gewebe-Schichten des Sprosses und seiner Seiten-Organe ableiten lassen. Aehnliche auf die Phanerogamen gerichtete Beobachtungen haben indessen bisher noch zu keinem einheitlichen Ergebnisse geführt, und sieht man einstweilen von den Coniferen ab, so ist weder bei Monokotylen noch Dikotylen eine solche, den kryptogamischen gleichwerthige Scheitelzelle ermittelt worden. Vielmehr wird es noch sehr eingehender Untersuchungen bedürfen, um die Heranbildung des phanerogamischen Sprosses aus der Theilungsfolge seiner Anfangszellen nach allen Beziehungen in klarer Gesetzmässigkeit darzulegen. Einstweilen sei es jedoch gestattet, einige hierauf bezügliche Beobachtungen vorläufig mitzuthemen, und daraus die schon jetzt erkennbaren Züge des Entwicklungsgesetzes abzuleiten, bevor eine eingehendere vergleichende Zusammenstellung ausführbar ist.

Die bezüglichen litterarischen Veröffentlichungen, zumal die zahlreichen vereinzelt Bemerkungen vollständig zusammenzustellen, gestattet weder der Raum dieser kurzen Besprechung, noch erheischt es ihr Zweck. Es wird genügen, an einzelne derselben anzuknüpfen.

Die jüngste, unseren Gegenstand eingehender behandelnde Untersuchung ist die von N. J. C. Müller „über das Wachsthum des Vegetationspunktes von Pflanzen mit decussirter Blattstellung“¹⁾. Er richtete sein Augenmerk vorzugsweise auf die Folge in der Anlage der Blätter in ihrem Zusammenhang mit den Zelltheilungen, besonders denjenigen, die sich in der Scheitelansicht von oben wahrnehmen lassen, und gelangte dabei zu der Ueberzeugung, dass in vielen Fällen keine einzelne Scheitelzelle, sondern statt derselben eine Gruppe mehrerer den Scheitel einnehmender Meristem-Zellen die Entwicklung einleite, und nur in Zuständen schnellerer Vegetation, z. B. bei der Esche, eine Einzelzelle sich auf dem Scheitel heraushebe.

Bestimmter schon hat Sanio für gewisse Fälle das Fehlen einer oberflächlich gelegenen Scheitelzelle in einer seiner gründlichen Arbeiten über Gefässbündel-Entwicklung²⁾ ausgesprochen, indem er zunächst an *Hippuris* nachweist, dass die wachsende Axenspitze zwar eine die Zellbildung einleitende Einzelzelle erkennen lasse, diese aber keineswegs der oberflächlichen Zellschicht angehöre, mithin auch nicht den Gipfel einnehme, vielmehr von einer mantelförmigen mehrfachen Zellschicht überdeckt werde. Aus jener Einzelzelle sah er das axile Gefässbündelsystem dieser Pflanzen hervorgehen, aus dieser Mantelschicht dagegen die Rinde mit Zubehör. Darauf kommt er durch ähnliche Beobachtungen an *Trapa*, *Ceratophyllum*, *Potamogeton*, *Elodea* u. s. w. dahin, diese Wachstumsweise als weiter verbreitet und vermuthlich zumal allen Wasserpflanzen eigen anzunehmen. Dass dieser sorgfältige und zuverlässige Beobachter, hätte er nicht die Untersuchung wesentlich auf die Entwicklung der Gefässbündel gerichtet, mit dem nächsten Schritt bei einer viel weiter gehenden Verallgemeinerung dieses Satzes angekommen wäre, ist mir nicht zweifelhaft.

Hofmeister dagegen hat neben seinen zahlreichen Untersuchungen kryptogamischer Scheitelzellen dergleichen auch auf den Gipfel des Vegetationspunktes von Coniferen und auch von einzelnen anderen Phanerogamen beobachtet, und daraus mancherlei auf die Anordnung der Blätter bezügliche Folgerungen gemacht.

Demzufolge ist man daher immer noch geneigt, eine wirkliche den Endpunkt der Stengelaxe bildende oberflächlich gelegene Scheitelzelle still-

¹⁾ Pringsheim's Jahrbücher f. w. Botanik V. 247.

²⁾ Botan. Zeit. 1864 p. 223. Anm.; 1865 p. 184 u. f., 191 u. f.

schweigend auch für die Phanerogamen als nothwendiges Postulat voraussetzen.

Auch ich habe zunächst, von dieser Annahme ausgehend, eine grosse Anzahl Vegetationspunkte von Pflanzen aus sehr verschiedenen Phanerogamen-Familien untersucht, bin aber dadurch schliesslich nur zu dem von dieser herrschenden Ansicht abweichenden Ergebniss gelangt, dass die erste Anlegung eines dikotylichen oder monokotylichen Sprosses in wesentlich anderer Weise geschieht, als bei den mit einer Scheitelzelle begabten Kryptogamen, und dass diese, soweit mir bekannt, bisher nur von Sanio in den von ihm besprochenen Fällen richtig erkannt und genau geschildert worden ist.

So lange man ausschliesslich an sehr dünnen Schnitten beobachtet, ergibt sich hieraus eine erhebliche Fehlerquelle. Ein Schnitt, der dünner als eine Zellschicht ist, gestattet nur sehr schwer zu ermessen, ob er wirklich genau den Scheitelpunkt der wachsenden Knospe getroffen hat und durch ihre Axe gegangen ist. Man könnte dies nur dann beurtheilen, wenn die Gestaltung des betreffenden Vegetationspunktes schon bekannt wäre. Will man diese aber erst kennen lernen, so bleibt man dem Irrthume ausgesetzt, und wenn in der That der Schnitt eine excentrische oder etwas schiefe Richtung genommen hat, so kommt man zu irrigen Vorstellungen. Ebenso schwer lässt ein sehr feiner Querschnitt erkennen, ob er die äusserste oder eine darunter liegende Zellschicht freigelegt, und ob er die Axe genau rechtwinklig getroffen hat oder nicht und beiderlei Schnitte gewähren über die gegenseitige Lage der gegebenen und der nächst benachbarten Zellschichten keinen unmittelbaren Aufschluss. Die hieraus entspringenden Fehlerquellen lassen sich vermeiden, wenn man mehrschichtige Schnitte genügend durchsichtig macht, was durch Behandeln mit Kalilösung, durch wechselndes Auswaschen mit Chlorwasserstoff- oder Essigsäure und Ammoniak und Einlegen in Glycerin erreichbar ist. In welchem Maasse diese Reagenzien anzuwenden sind, ist für jeden Einzelfall durch Versuche zu ermitteln. Präparate, die so behandelt leicht 3, 4, 5 und noch mehr Zellschichten vollkommen durchschauen lassen, gestatten nicht allein eine sichere Orientirung über ihre Lage zur Gestaltung des Vegetations-Gipfels, sondern gewähren auch die Möglichkeit, jede gewünschte Durchschnittsebene zu fixiren und genau zu beobachten. Neben solchen Präparaten thun denn natürlich auch feinere Schnitte ihre guten Dienste.

In solcher Weise angestellte Beobachtungen liegen mir bisher aus den Gattungen *Zea*, *Polygonatum*, *Canna*, *Elodea*, *Potamogeton*, *Datura*, *Fraxinus*, *Forsythia*, *Asclepias*, *Sambucus*, *Viburnum*, *Aster*, *Inula*, *Helianthus*, *Silphium*, *Taraxacum*, *Siphocampylus*, *Sicyos*, *Bryonia*, *Lysimachia*, *Delphinium*, *Cochlearia*, *Populus*, *Evonymus*, *Aesculus*, *Rhus*, *Impatiens*, *Geranium*, *Ricinus*, *Polygonum*, *Dianthus*, *Lychnis*, *Silene*, *Saponaria*, *Platanus*, *Alnus*, *Sedum*, *Cunonia*, *Ribes*, *Viscum*, *Trapa*, *Fuchsia*, *Melaleuca*, *Callistemon*, *Prunus* und *Robinia* vor, abgesehen von einigen unvollständigeren aus anderen Abtheilungen.

Die gewonnenen Resultate sind in hohem Maasse übereinstimmend und lassen sich einfach in eine kurze Uebersicht bringen.

Der Vegetations-Scheitel hat meist die Gestalt eines flach gewölbten von regelmässiger Curve begrenzten Hügels. Zuweilen ist er völlig eben, sogar beckenartig vertieft, zuweilen von steil ansteigenden Seiten, aber niemals spitz.

Betrachtet man den Axen-Längsschnitt eines wachsenden Sprossgipfels, so sieht man die sämmtlichen ihn zusammensetzenden Zellschichten als senkrechte Reihen aufsteigen, sich im Gipfel zusammenwölben und in der Scheitelgruppe der Meristem-Zellen auslaufen. Beschaut man diese Curven und ihr Auslaufen im Gipfel genauer, so sieht man, wie die von dem Mark-Parenchym und dem Fibrovasal-Cylinder aufsteigenden Zellenreihen, die sich deutlich ins Meristem hinein verfolgen lassen, mit ihrer Verlängerung niemals nach einer auf dem Gipfel liegenden, der oberflächlichen Schicht angehörigen Zelle, sondern stets auf eine merklich tiefer im Innern des Meristems gelegene Einzelzelle oder Zellgruppe hinzielen. (Fig. 1, 2, 10.)

Man bemerkt ferner, wie die von der parenchymatischen Rinde aufsteigenden Curven, — entweder alle oder wenigstens die äusseren Lagen, — nicht mit auf denselben Punkt im Meristem hinlaufen, vielmehr gewölbe- oder kappenartig denselben überspannen und bedecken. Diese Reihen sind nicht allein von den darunter liegenden, im gemeinsamen Zielpunkt endigenden, oder besser gesagt, von gemeinsamem Ursprung ausstrahlenden Curven der mittleren Region deutlich unterscheidbar, sondern auch unter sich von einander gesondert. Es sind ihrer durchschnittlich 2 bis 4, seltener ist nur eine einzige deutlich. Diese einzige ist dann mithin die oberste Zellschicht des ganzen in Entwicklung begriffenen Zellkörpers, und sie ist ausnahmslos und vollkommen von allen anderen inneren Zellenlagen geschieden.

Ein Blick auf die Figuren 1, 2, 3, 4, 5 und 10 der vorgelegten Tafel wird das Geschilderte zur Anschauung bringen. In Figur 2, welche den Axenschnitt der Gipfelknospe einer Crucifere (*Cochlearia glastifolia*) darstellt, sieht man drei Zellreihen in Integrität das Deckgewölbe bilden, während die übrige gesammte centrale Masse auf eine unter diesem Gewölbe gelegene Zellgruppe, als auf ihren Bildungsheerd hinweist. In der ersten Figur, welche einen entsprechenden Schnitt von *Evonymus* zeigt, lassen sich drei solche Lagen nur auf kurze Strecke den Gipfel kappenartig bedeckend verfolgen, und nur zwei über die ganze Zeichnung (*d*, *pe*).

In allen genannten Figuren aber zeichnet sich zumal die äusserste Zellschicht (*d*) durch vollkommene Unabhängigkeit von allen übrigen aus. Sie besteht aus lauter einander ähnlichen in lebhafter Theilung begriffenen Zellen, welche alle durch nahezu senkrecht gegen die Aussenfläche gerichtete Scheidewände getrennt, und deren nach innen gerichtete Wände eine gemeinsame der Aussenfläche parallele Fläche ausmachen. Die Zellen dieser Schicht sind ausserdem auch durch ein besonders reichliches und massiges Plasma von der darunter liegenden ausgezeichnet.

Diese Zellschicht überzieht, ebenso wie den äussersten Vegetationsgipfel, deutlich gesondert alle Theile des Pflanzenkörpers bis unter die Wurzelhaube hinab als Epidermis. Wir sehen sie, — man vergleiche alle Figuren unserer Tafel, — sich über alle Theile von erster Jugend an als einheitliche Schicht ausbreiten und sich, je nach dem örtlichen Bedürfniss, bald lebhafter bald langsamer durch Zelltheilung dehnen. Besonders lebhaft theilen sich ihre Zellen an den Stellen, in denen Blattanfänge an die Axe grenzen, wo dann die Theilungswände normal gegen die stark gekrümmte Aussenfläche stehend, indem sie die ihnen eigene Theilungsweise beibehalten, fächerförmig auseinanderweichen (Fig. 1, 4, 5, etc., *w*) oder überhaupt an den Orten, wo neue Seitenorgane im Entstehen begriffen sind (1 *b*). Nirgends wird die gleichmässige Bildung von Wänden, die die Zellen annähernd senkrecht gegen die Fläche spalten, durch solche gestört, die derselben parallel gehen¹⁾ oder schief gegen die Seitenfläche neigen. Eine vollkommen einheitliche Vermehrungsweise schafft die Gesamtzahl der Epidermiszellen, welche mithin am frühesten von allen Gewebearten differenzirt auftreten. Ja, man kann von einer erst eintretenden Sonderung derselben aus dem Meristem, das die

1) Ob dies vielleicht zur Bildung einer mehrschichtigen Epidermis, wie sie zuweilen vorkommt, stattfindet, ist noch zu ermitteln.

übrigen Gewebsschichten bildet, nicht sprechen, vielmehr ist ihr eigenes Meristem vom Keimzustand an, so lange überhaupt ein Vegetationspunkt erkennbar ist, eine auch innerhalb desselben ein- für allemal gesonderte Zellschicht¹⁾, da sich keinerlei Beziehungen zwischen den jüngsten Zellen des Epiderm-Meristems und des übrigen auffinden lassen.

Die Profilansicht, die bisher betrachtet, lässt zuweilen, aber keineswegs immer, mitten auf dem Knospen-Gipfel eine einzelne dieser Epidermis-Mutterzellen erblicken, die alsdann den Standpunkt einer wirklichen Scheitelzelle einnimmt. Den Werth derselben hat sie nicht. Ebenso lässt sich bei Betrachtung eines Vegetationspunktes von oben her in der Flächenansicht öfter in dem Getäfel der jungen Epidermzellen eine erkennen (9, z), auf die die sämtlichen strahlig geordneten Zellenreihen hinweisen und welche mithin diese Scheitelzelle ist. Zugleich aber hat auch auf dieser Ansicht diese Zelle vor den anderen in ihrer Umgebung kaum irgend etwas Ausgezeichnetes. Oft ist es überhaupt nicht möglich auch nur annähernd eine einzelne Mittelzelle zu bestimmen, da vielmehr die Mitte durch eine Gruppe gleichwerthiger Anfangszellen eingenommen wird, die das Theilungsgeschäft in gleich lebhafter Weise betreiben, und so erhellt, wie wenig auch solche Zelle, wenn sie wirklich geometrisch die Mitte des Scheitels einnimmt, mit einer kryptogamischen Scheitelzelle gemein hat. Sie leitet einfach die Vermehrung der Epidermiszellen dadurch ein, dass sie sich durch Theilwände zerlegt, welche, sämtlich senkrecht gegen die Aussenfläche des Scheitelhügels gerichtet, im Uebrigen wechselnd nach verschiedenen Richtungen gehen, während nach auswärts die Theilwände, dem Gesamtwachsthum nachgebend, sich in ihren Richtungen bestimmter auf die Radien desselben beziehen. Sie veranlasst die Weitung des Epidermgewölbes, ohne an der Massenerzeugung der Sprossaxe betheiligt zu sein. Aber in dieser Einleitung wird sie durch ihre nächste Nachbarschaft in gleicher Weise unterstützt, denn die Reihenbildung tritt erst im weiteren Abstände ein (Fig. 9). Es möge daher diese das Wachstum des Organes beginnende, einleitende Zellgruppe als „Initialgruppe“ oder die Einzelzelle, wo solche unterscheidbar ist, kurz als „Initiale“ der Epidermis bezeichnet werden, während die ganze noch in lebhafter Theilung begriffene, mit reichlichem soliden Plasma erfüllte Strecke derselben, als gesonderte Abtheilung des Meristems, etwa „Dermatogen“ genannt werden kann.

1) Die erste Sonderung der Epidermisschicht in der Keimanlage habe ich noch nicht genauer verfolgt.

Hiernach modificirt sich die Anschauung, dass die Epidermis der Monokotylen und Dikotylen erst secundär aus dem Meristem, merklich unterhalb des Vegetationsscheitels, etwa kurz vor oder nach der Anlage der Blätter, differenzirt werden ¹⁾, nun dahin, dass sie vielmehr von Anbeginn gesondert, mithin früher vorhanden ist, als irgend ein anderes inneres oder äusseres Organ der Pflanze, oder selbst die allerersten Andeutungen eines solchen.

Die thatsächlich den Scheitelpunkt eines wachsenden Sprosses einnehmende Zelle hat also mit der Erzeugung seiner grösseren Zellgewebsmasse nichts zu thun, sondern sie hat nur für die Fortbildung der Epidermis eine gewisse, wenn auch beschränkte Bedeutung. Jene hat man in tieferer Lage zu suchen.

In Fig. 1—5 erblickt man unterhalb der 3. oder 4. Zellschicht grade unter dem Scheitel den Vorgang einer lebhaften Zelltheilung, durch allwärts gerichtete Scheidewände bezeichnet. An diesen nimmt eine nicht bestimmte Anzahl von Zellen Theil, deren keine sichtlich den Vorrang vor den anderen behauptet. Es ist eine Gruppe fast gleichwerthiger Meristem-Zellen. Sich stets weiter theilend, drängen sie ihre Nachkommenschaft nach unten und aussen und steigen dabei selbst, die Mitte behauptend, aufwärts. In einiger Entfernung von diesem Bildungsheerde, wo im Umkreise desselben eine genügende Anzahl von Zellen angelegt ist, beginnt sich die Theilung durch Wände zu vollziehen, die fast alle senkrecht gegen die zukünftige Sprossaxe gerichtet sind ²⁾ (Fig. 1, 2, 3, 5). Dadurch tritt die Bildung jener Zellreihen auf, die von der Meristem-Mitte ausstrahlend, einen axilen Zellgewebscylinder aufbauen, der von jenen äusseren Schichten mantelartig umgeben wird. Und der junge Sprossgipfel gewinnt damit eine gewisse Aehnlichkeit im Ansehen mit der von ihrer Kappe bedeckten Wurzelspitze.

In einigen Fällen gelingt es nun, in der Mitte der in der Entwicklung voranschreitenden Zellgruppe, eine wirkliche Centralzelle aufzufinden die sich in ihrer Lage und auch wohl in ihrer Grösse etwas auszeichnet. Allein eine dauernde deutliche Führerschaft oder Alleinherrschaft übt die-

1) Vgl. Nägeli u. Schwendner, das Mikroskop S. 593.

2) Der Einfachheit des Ausdrucks wegen sollte man jene nach allen Richtungen des Raumes gleichmässig sich vollziehende Zelltheilung, wie sie im Centrum des Meristems stattfindet, schlechthin »Allwärtstheilung«, dagegen die bei der Epiderm-Anlage stattfindende »Flächentheilung«, die hier bei Anlegung der Parenchymreihen erwähnte »Reihentheilung« und die bei geschichteten Zellmassen herrschende nach den drei senkrecht auf einander stehenden Richtungen des Raumes gehende »Würfeltheilung« nennen.

selbe nicht nachweislich aus; sie theilt sich nach allen Richtungen wie ihre Nachbarinnen und wenn auch in der Folge der Theilungsrichtungen eine gewisse Abwechslung ersichtlich ist, so ist ein bestimmtes Gesetz derselben bisher um so weniger erkennbar geworden, als es sich hier nicht um einen in einer Ebene oder in einer einfachen Spirale ablaufenden Turnus handelt, sondern um Abgliederungen, die wechselnd nach fast allen Richtungen des Raumes aufzutreten haben.

In anderen Fällen, und ich glaube in der Mehrzahl, ist eine solche Mittelzelle gar nicht herauszufinden, sei es, dass sie an Gestalt den Nachbarinnen vollkommen gleich, bei der geringen Wölbung und Massigkeit des ganzen Vegetationshügels aus ihrer Stellung allein nicht bestimmbar wird, sei es, dass statt einer einzigen, die Mitte der Gruppe einnehmenden Zelle, mehrere Nachbarinnen mit ihren axilen Kanten die ideale Axe des Vegetationsscheitels berühren.

Wo eine einzige Mittelzelle vorhanden, könnte man sich denken, dass sie nach wiederholter Abgliederung peripherischer Tochterzellen, die den Meristem-Hügel vergrössern, sich immer wieder zu einer neuen centralen Zelle höheren Grades verjüngt. Bei mehreren Mittelzellen könnte jede derselben an ihrer axilen Kante eine oder einige Verjüngungszellen hervorbringen und nach aussen zu Theilzellen abgliedern. Ob aber beide Fälle constant neben einander vorkommen, oder ob sie vielleicht wechselnd in einander übergehen können, indem bald eine aus der Gesellschaft gleichwerthiger Mittelzellen, die anderen verdrängend, für sich allein die Mitte einnimmt, bald eine einzelne Mittelzelle sich theilend, eine Gruppe gleichwerthiger Schwestern bildet, ist zu ermitteln noch nicht gelungen.

So viel ist aber einstweilen ersichtlich, dass, selbst wenn eine einzige Mittelzelle herauszufinden ist, dieselbe keine hervorragende Bedeutung einnimmt, sondern nur eine *prima inter pares* ist, dass aber meist auch solche nicht einmal zu bestimmen ist, vielmehr die ganze betreffende Gruppe gleichmässig an der Vervielfältigung der Meristem-Masse theilnimmt. Ferner erhellt, dass es diese Zellen sind, welche, da sie die Hauptzellgewebs-Masse der Sprossaxe erzeugen, auch wesentlich die Bedeutung der kryptogamischen Scheitelzelle besitzen, mithin mehr Anspruch haben, für ihr Aequivalent angesehen zu werden, als jene Epiderm-Anfangszelle.

Dennoch aber dürfen wir sie ihrer örtlichen Stellung nach nicht Scheitelzellen nennen, und mögen sie daher als „Initialen“ oder „Initialgruppe“ des

Axencylinders oder einstweilen kurzweg als „Axen-Initialen“ bezeichnet werden.

In Fig. 2, einem starkgewölbten Spross-Scheitel (von *Cochlearia*), finden sich unterhalb dreier Kappenschichten auf dem Gipfel des axilen Meristems etwa drei Zellen, die den localen Werth von Initialen beanspruchen könnten. In dem flachen Scheitel von *Evonymus Japonica* (1) giebt es unterhalb der vierten Zellschicht von oben eine grössere Zahl allwärts sich theilender Zellen, deren keine mit Evidenz die Mitte behauptet. Aehnliches zeigt Fig. 4 aus *Prunus Laurocerasus*. Noch auffallender gestaltet sich dies Verhältniss in dem kaum merklich gewölbten Vegetationspunkt von *Aesculus* Fig. 3 (die Mitte von Fig. 11 darstellend) wo local etwa die Zelle *i* die Mitte hält, aber die Bedeutung als vorzugsweise wirkende Initiale doch kaum beanspruchen kann. Noch unentschiedener bleibt eine solche in Fig. 4. In andern Beispielen, wie *Lysimachia Ephemerum* (Fig. 5), *Sedum Aizoon* und anderen wird der fast völlig flache Gipfel von einer noch grösseren Zahl gleichartiger Meristem-Zellen erfüllt. Und besonders auffallend zeigt sich dies endlich in dem breiten, massigen Axengipfel des Grundstamms von *Taraxacum*, in welchem zwischen den jüngsten Seitenhügeln, eine breite Meristem-Masse entwickelt ist, die in regelloser Theilung den Gipfel nach allen Seiten langsam aufschwellt, ohne sichtliche Prävalenz der eigentlichen Mitte. Dagegen liegen, wie erwähnt, auch Fälle mit örtlich bestimmbarer Einzel-Initiale vor (z. B. bei *Zea*).

Wo sie aber auch bestimmbar, tritt sie doch niemals nachweislich als allgemeine Mutterzelle der inneren Axen-Gewebsmasse auf, vielmehr höchstens als vielleicht nur zeitige Vorarbeiterin einer fast gleichwerthigen Genossenschaft von solchen.

Die Betrachtung entsprechender Knospen und Axen von oben her bestätigt dasselbe. Geeignete Präparate lassen zunächst erkennen, dass grade so wie in der Oberhautschicht, auch in den darunter liegenden Zellschichten nach aussen zu eine radiale Reihenordnung, nach innen eine regellose Allwärtsheilung der Meristem-Zelle stattfindet, und zwar so, dass sie dabei in ihrer Lagerung von den Oberhautzellen vollkommen unabhängig sind. Die mittlere nicht radial geordnete Zellgruppe ist bald grösser bald kleiner, und es gelingt meist nur durch Verlängerung der Richtungen der äusseren Zellreihen nach innen, eine örtliche Centralzelle zu finden, die auch hier keine genealogisch begründete Einzelwürde, sondern höchstens eine durch locale

Begünstigung bedingte Hegemonie ausübt, die ihr jedoch dem Anscheine nach jederzeit von einer der Nachbarinnen streitig gemacht werden kann.

Dieses dem unbefangenen Beschauer sich darbietende Verhältniss wird auch dadurch noch beleuchtet, dass die erkennbare Axen-Initiale keineswegs genau unter den Epiderm-Initialen ihren Ort zu haben braucht, wie dies sowohl auf Scheitel- als auf Profil-Ansichten ins Auge fällt.

✓ Zwischen den nur die Oberhaut fortbildenden Epiderm-Initialen und den Masse erzeugenden Axen-Initialen müssen nun in der Mehrzahl der Fälle noch die unter der Epidermis gelegenen Kappenschichten unterschieden werden. Denn nur selten überzieht allein die Epiderm-Schicht in deutlicher Sonderung diese Axen-Initialen, wie z. B. in einem spitzen Vegetationskegel von *Zea*, und in diesem Fall haben wir einfach zwei genetisch von einander unabhängige aber doch harmonisch arbeitende Zelltheilungsvorgänge, deren einer den Hauptkörper, der andere die Bekleidung desselben anlegt. Abgesehen von diesen Ausnahmefällen erscheinen aber gewöhnlich noch ein, zwei oder drei Meristem-Zellenlagen so unabhängig und so ausschliesslich senkrecht in der Richtung zur Aussenfläche getheilt, dass an ihrer wenigstens zeitweiligen Selbstständigkeit nicht zu zweifeln ist (1—6, 8).

In manchen Fällen, besonders in den tieferen Lagen, wechseln die senkrechten Theilwände dieser Schicht hier und dort mit tangentialen oder geneigten und die Einheitlichkeit derselben wird dadurch gestört (5). In noch anderen scheint eine gewisse, wenn auch nicht als gesetzmässig erkennbare genetische Beziehung zu den Axen-Initialen sich auszusprechen (1, 3). Es sieht aus, als ob diese auch schief nach oben Theilzellen abgliedern, die sich jenen Schichten anschliessen und man kann sich auch wohl vorstellen, wie bei lebhafter Entwicklung eine obere Abschnittszelle einer Axen-Initiale durch constante Theilung senkrecht gegen die Scheitelkrümmung eine neue Kappenlage erzeugen, oder wie umgekehrt die Initiale einer Kappenschicht durch allseitige Theilung sich der Axen-Initialgruppe in ihrer Wirksamkeit anschliessen, oder wie endlich eine Einzel-Initiale der Axe durch Einschieben ihres Gipfels zwischen die auseinander weichenden Mittelzellen einer Kappenzellschicht dieselben gewissermassen ihrer Führerschaft wieder unterwerfen kann. Und es ist somit die Zahl und Beständigkeit der Kappenschichten oft eine zweifelhafte, ihr Ursprung scheinbar ein verschiedener und ihre Unabhängigkeit nur eine bedingte oder zeitweilige. Es giebt ferner zahl-

reiche Fälle, in denen unterhalb einer oder zweier streng gesonderter Zellenlagen eine Schicht kommt, die zwar aus unregelmässig getheilten und gelagerten Zellen besteht, aber dennoch oberhalb der Axen-Initial-Gruppe fortstreicht, ohne sichtlich in dieselbe aufzugehen. Es stellen daher diese Schichten zwischen der streng differenzirten Epidermis und dem nachzubildenden Gewebe gewissermassen eine Uebergangszone dar, die aussen jener, innen diesem ähnlicher ist. Es lag desshalb nah, hier einen Theilungsvorgang zu suchen, wie der ist, welcher bei den Kryptogamen die Wurzelkappe aus der Wurzelscheitelzelle hervorgehen lässt¹⁾, so dass die bedeckenden und die das Innere ausfüllenden Schichten eines Ursprungs wären. Es hat sich indessen nichts derartiges hier finden lassen; vielmehr ist zu erwägen, dass aus den Untersuchungen von Nägeli und Leitgeb auch für die Wurzelspitzen der Phanerogamen ein gewisses Schwanken zwischen einer und mehreren Scheitelzellen hervorgeht, welches auch dort das Verhältniss complicirter erscheinen lässt als bei den Kryptogamen, und dass es zuweilen den Schein hat, als ob auch für die Wurzelzellschichten gesonderte Meristemlagen zur Wirkung kämen. Doch sind in Bezug hierauf noch weitere Ermittlungen nöthig.

Wie dem aber sei, so prägen sich diese die Axe überwölbenden Zellenlagen, besonders die äussersten zunächst dem Dermatogen, vermöge ihres ganzen Verhaltens, als gesonderte Meristem-Abtheilung so aus, dass an ihrer Eigenartigkeit nicht zu zweifeln ist.

Da nun aber ferner diese tieferen, die Axen-Initialen überspannenden Schichten, welche sich nicht nur nach oben stets scharf unterscheiden, sondern meist auch nach unten deutlich absetzen, grade diejenigen Zellenlagen bilden, aus denen nachmals die parenchymatische oder primäre Rinde entsteht, die also auch eine durchgreifende Sonderung bewahren, so wird es passend sein, auch sie als frühzeitig geschiedene Meristemplage mit einer besondern Benennung „Periblema“²⁾ und ihre mittleren Führerzellen als „Periblem-Initialen“ zu bezeichnen. Und im Gegensatz zu diesem zur Umhüllung

1) Vgl. meine Beobachtungen an *Marsilia* in Pringsheim's Jahrbüchern IV, 226 f. und Nägeli's u. Leitgeb's zahlreiche und genaue Beobachtungen an anderen meist kryptogamischen Pflanzen in den Beiträgen für wissenschaftliche Botanik IV, 73.

2) Es wäre vielleicht nicht unbequem, diesen Ausdruck Periblema auch für das äussere Rindenparenchym als protenchymatisches Dauergewebe im Gegensatz zur epenchymatischen Bastseicht beizubehalten.

werdenden Periblem könnte dann die mittlere mit ihren Erzeugnissen das ganze Spross-Innere erfüllende und aufbauende Meristem-Masse möglichst kurz „Pleroma“, gleichsam „Füllgewebe“, genannt werden.

Eine besondere Bedeutung jedoch gewinnt jene Schicht noch aus Folgendem.

Ebensowenig wie sich an den beobachteten Fällen die Masse des Sprosses aus der Theilung einer den Gipfel einnehmende Einzelzelle herleiten lässt, ebensowenig entstehen die Blätter aus einer einzelnen, als solcher bestimm- baren oberflächlichen Zelle. Schon haben Nägeli und Schwendner¹⁾ richtig und scharf hervorgehoben, dass die differenzirte Epidermis nur „Trichome“ erzeugt, doch wird von ihnen diese Differenzirung noch als sekundäre später auftretende Erscheinung angenommen. Der Satz bleibt aber auch jetzt richtig, wo erkannt ist, dass die Epidermis von Anbeginn auf dem wachsenden Sprossscheitel differenzirt ist.

Wo ein Blatt entstehen soll, beginnt in der zweiten bis vierten Periblem-Schicht eine neue und beschleunigte Allwärtstheilung in den Zellen, welche bis dahin vorherrschend eine einfache Flächentheilung beobachtet hatten. Der erste Anfang hierzu zeigt Fig. 6 aus *Melaleuca* bei *b'*, wo vorzugsweise eine Meristem-Zelle sich in vier zerlegt hat, die sich zu erweitern beginnen. Dadurch fängt auch die Oberhaut über dieser Stelle sich zu heben und ihre Zellen ebenfalls wiederum schneller zu theilen an, als es weiter oben der Fall ist.

Den Fortschritt lässt Fig. 1 bei *b* erkennen. Die neuauftretene Allwärtstheilung und Vermehrungsbeschleunigung hat eine grössere Zellgruppe ergriffen und die Auftreibung der Epidermis nimmt zu. Ein Vergleich dieser Stelle mit der noch weniger vorgeschrittenen anderen Seite der Figur und mit ihrer Mitte und ein Hinblick auf die entsprechenden anderen Figuren lässt besser als alle Begründung durch Worte die Ueberzeugung gewinnen, dass auch hier von keiner Urmutterzelle, die einerseits in gesetzmässiger Descendenz bei bestimmbarer Zahl der Generationen und Richtung der Theilwände aus der vermeintlichen Spross-Scheitelzelle ableitbar, andererseits das gesammte Blatt aus ihrer Zellnachkommenschaft entstehen liesse, die Rede sein kann, sondern im besten Falle von einer vorangehenden Anführerin in dem wiederbelebten Theilungsbestreben der blattbildenden Zell-Gesellschaft.

1) A. a. O. S. 592. 593.

Fig. 4 zeigt bei *b'* den fernereren Fortgang. Es bekundet sich ein mehr nach Länge und Breite des zu hebenden Blattes gerichtetes Theilungsstreben der Zellen, und es zeigt sich im Innern und in der Epidermis, dass am Grunde des wachsenden Blatthügels die Theilung am lebhaftesten ist. Die Figur zeigt ferner auf das Einfachste, dass, während die zweite oder dritte Kappenschicht, also das Periblem, in ihrer Gleichlagerung unterbrochen, zunächst die Zellmasse des Blattinneren anlegen, das Dermatogen seine Integrität vollkommen bewahrt und lediglich durch einfache Flächenvergrösserung, gleichsam von innen aufgetrieben, die Blattepidermis herstellt.

In Fig. 5, einem Schnitt aus *Lysimachia* endlich, haben sich bei vorherrschender Streckung des jungen Blattes, nachdem durch die ursprüngliche Allwärtstheilung die nöthige Schichtenzahl angelegt ist, allmählich wieder gewisse Hüllschichten gesondert, welche eine axile Zellsäule umgeben, die scheinbar deutlich durch eine einzelne Initiale wachsend, dem mittleren Gefässbündel den Ursprung giebt.

Auch nicht einmal herrscht darin eine Beständigkeit, ob die erste, zweite oder dritte Periblemschicht den Anfang der Blatthebung macht. Denn während Fig. 6 (*Melaleuca*) offenbar den Ursprung in der ersten von oben, dicht unter der Epidermis, finden lässt, ist die Sache bei Fig. 1 (*Evonymus*) schon zweifelhaft, während mir Präparate vorliegen (z. B. *Robinia*, *Taraxacum*), wo auch diese zweite Kappenschicht (äusserste Periblemschicht) noch eine zeitlang unbeeinträchtigt von einer tiefer beginnenden Allwärtstheilung gehoben erscheint.

Wie sich diese Verschiedenheiten etwa auf verschiedene Arten und Wachsthumzustände vertheilen, bleibt zu ermitteln. Für das allgemeine Entwicklungsgesetz erschienen sie hiernach vorläufig unerheblich.

Von fernerer Bedeutsamkeit ist nun, dass die Anlage von Seitensprossen der der Blätter durchaus ähnlich ist.

Häufig wiederholt sich unterhalb des Winkels zwischen Blatt und Axen-Epidermis der Vorgang der Wiederbelebung in der Zelltheilung der Rindenschichten, bald so zeitig, dass diese noch dem Meristem angehören, bald später, wenn sie schon gesonderte Rindenzellen vorstellen. Der sich hebende Hügel treibt die ungestört für sich vegetirende Epidermis auf, die an dieser Stelle, so lange das Blatt wächst, ohnehin in lebhafter Zelltheilung verharret,

und das Ganze vergrössert sich grade so, wie ein junger Blatthügel, mit dem alleinigen Unterschied, dass die junge Sprossanlage frühzeitig die Gestaltung eines ringsum symmetrischen Hügels annimmt, während das junge Blatt alsbald eine einseitswendige flächenartige Ausbildung anstrebt. (Fig. 12.)

Zuweilen indessen drängt sich eben der Beobachtung der bemerkenswerthe Umstand auf, dass die jungen zu Blüten werdenden Seitensprosse zuerst von jungen Blatthügeln in der That gar nicht verschieden sind, und zwar ist dies an blattlosen blüthentragenden Axenspitzen der Fall.

Wir sind gewohnt, Seitenblüthen, auch wenn sie der sichtbaren Bracteen entbehren, als Achselsprosse zu betrachten, deren Tragblätter verkümmert, abortirt sind. Die unbefangene Untersuchung ist indessen in manchen Fällen nicht im Stande, irgend eine Spur einer verkümmernenden Blattanlage wirklich aufzufinden.

Als Beispiel diene der Axenschnitt durch den jungen Blütenkopf von *Inula Helenium*. Am Rande von deutlichen Hochblättern umhüllt, erzeugt seine Mitte nur Blütenanlagen. Die äussersten derselben stehen deutlich in der Achsel junger Blätter, von da an, nach dem Gipfel (Fig. 7) ansteigend, finden wir den ganzen wenig gewölbten Scheitel mit immer kleiner werdenden Hügeln bedeckt, deren äussere schon die werdenden Blüten andeuten, während die inneren als sehr schwache Erhebungen gegen die Scheitelmitte hin deutlich auslaufen. Fig. 8 stellt den mittleren Theil eines Axenscheitels dar, so dass bei *i* der eigentliche Vegetationspunkt, bei *sp* und *sp'* zwei Blütenanlagen der obersten Spirenumgänge erscheinen. Die Hügelkreise und in ihnen die Einzelhügel berühren sich an ihrem Grunde unmittelbar. Nichts deutet auf unterdrückte Anfänge von Zwischenhügeln hin. Und dass diese Hügel eben Blüten sind und nicht selbst Blattanfänge, die denselben erst vorausgehen, lehrt der Vergleich zwischen den inneren und den äusseren ohne Weiteres.

Nach oben Gesagtem ist der erste Anfang eines Blattes oder einer Seitenknospe lediglich in erneuter Vermehrung einer Zellgruppe unter der Epidermis zu suchen, und keine Einzelzelle ist berechtigt vor solchem Erscheinen als Blattanfang angesehen zu werden. Unterbleibt am Orte, wo sie erwartet war, solche Vermehrung, so unterbleibt eben die erste Anlage des Organs, das damit entstanden wäre, und der Ausdruck Abortus hätte an solcher Stelle nur die theoretische Bedeutung, an die hier stattfindende Abweichung

von einem sonst allgemein gültigen Gesetze zu erinnern, nicht aber die eines thatsächlichen morphologischen Vorganges.

Um so mehr tritt aber die ursprüngliche Analogie von Blatt und Seitenspross ins Licht, die, ohne dass eines an den Vortritt des andern gebunden ist, als gleichberechtigte Verzweigungs-Erzeugnisse, unter dem Wachsthumsscheitel hervorgebracht werden können. Das Verhältniss bei anderen stützblattlosen Blütenständen, z. B. denen der Cruciferen, dürfte ein Gleiches sein. In Fig. 2 lässt sich zwar nicht mit völliger Sicherheit die Bedeutung des Hügels links unter der Spitze bestimmen, doch habe ich Grund, ihn eher für einen Seitenspross (Blüthe) als für ein Blatt zu halten.

Das massenhafte Auftreten gleichmässig arbeitenden Meristems ist im Blütenkopf der *Inula* zugleich für alles vorstehend Gesagte ausserordentlich lehrreich und der Beachtung zu empfehlen.

Aus dem Besprochenen geht hervor, dass in allen beobachteten Fällen die Hauptmasse des Sprosses aus tiefer liegenden Zellen gebildet und auch die der Blätter aus einer, wenn auch mehr peripherischen, so doch nicht oberflächlichen Zellschicht angelegt wird.

Was daher Hofmeister's¹⁾ und N. J. C. Müller's²⁾ Scheitelzellen betrifft, so sind diese bei den Mono- und Dicotylen nach Obigem Epiderm-Initialen, und wenn Hofmeister zwischen den Winkeln der aufeinander folgenden Theilungen seiner Scheitelzellen und den Divergenzen der betreffenden Blattstellungen bei diesen eine Uebereinstimmung aufgefunden hat, so ist dies eben nur eine Uebereinstimmung mit der Theilung einer Oberflächenzelle, die mit der Massenerzeugung des Sprosses nichts zu thun hat³⁾. Wenn er aber geneigt scheint, desshalb einen ursächlichen Zusammenhang beider Erscheinungen und zumal eine Beeinflussung der Form und Theilung jener Scheitelzelle durch die Stellung der Blattanfänge für wahrscheinlich zu halten, so ist vielmehr zu bemerken, dass innerhalb des Zellgetäfels der Oberfläche des Vegetationspunktes in der Zelldescendenz in den einzelnen

1) Hofmeister, Beiträge zur Kenntniss der Gefässkryptogamen, II. 643, Zellenlehre 136.

2) N. J. C. Müller a. a. O.

3) Hofmeister führt Scheitelzellen von *Robinia*, *Acer*, *Frazinus*, *Secale*, *Phragmites* und *Iris* an und bildet die Scheitelansicht von *Robinia* und *Secale* ab. Mir liegt von *Robinia* ein Präparat vor mit dreifacher Periblemschicht über der Axen-Initialgruppe, die keine Einzel-Initiale zeigt. Aehnliche von *Frazinus*.

den jüngsten Blattanlagen entsprechenden Sektoren nichts von Uebereinstimmung zu finden ist und in den tieferen Schichten auch nicht, dass vielmehr die Epiderm-Initiale, wo sie zu erkennen, durch eine sehr verschiedenartig getheilte breite Zellenfläche von jenen getrennt ist, mithin der Vorgang einer solchen Richtungsübertragung mittelst aller dieser Zellen ein Räthsel bliebe. Endlich aber ist ja eine einzelne Epiderm- und Periblem-Initiale selbst nur in einzelnen Fällen zu finden und auch wo sie zu finden, keineswegs immer von gleichartiger Gestalt und Theilung, selbst nicht in dem einfachsten Fall bei decussirter Blattstellung¹⁾ (vgl. Fig 9), so dass also jener Folgerung selbst die erste Bedingung, die Constanz der Prämissen, fehlen würde. Treffender dagegen ist der allgemeinere Ausspruch Hofmeister's, dass die Zellbildungen nur Function, nicht Ursache des Gesamtwachsthums seien und noch treffender der, dass die Uebereinstimmung in der Theilung der Scheitelzellen mit der Blattfolge nur zwei nebengeordnete Ausdrücke eines einheitlichen Gestaltungsgesetzes seien²⁾, was freilich mit jener ersten Auffassung nicht ganz in Einklang zu stehen scheint.

Nicht also die Form und Theilung irgend welcher Einzelzellen bedingt die Gestaltung des Pflanzensprosses, sondern das den Spross beherrschende Gestaltungsgesetz lässt die Einzelzellen sich dehnen und theilen, wo und wie das Ganze es heischt. Und selbst das geometrische Gleichmaass zwischen der Gliederung des kryptogamischen Sprosses und der Theilung seiner bevorzugten Scheitelzelle dürfte, da auch hier nicht selten noch spätere Drehungen und Verschiebungen die Arbeit derselben reguliren müssen, mehr auf einen gemeinsamen Grund beider hinweisen, als die Annahme eines einfachen Causalnexus begünstigen, nach welchem die Scheitelzelle allein mit der Fähigkeit specifischer Gestalt-Entwicklung begabt wäre³⁾.

1) Vgl. N. J. C. Müller a. a. O. In den hier mitgetheilten Abbildungen Fig. 35, 39 und 43 (44?) vermag ich meinerseits wirkliche Axenschnitte nicht zu erkennen, da meine Präparate von *Viscum* und verschiedenen *Caryophyllaceen* nicht solche, sondern meiner obigen Schilderung durchaus entsprechende Bilder geben, zumal keine spitz hervorragende Scheitelzelle, sondern regelmässiger und breiter gewölbte Gipfel besitzen. Wäre die schmale Ansicht vom *Viscum*-Scheitel so spitz, so besässe es eine Vegetationskante. Extraaxile Schnitte geben oft ähnliche Ansichten.

2) Hofmeister a. a. O. S. 129, 133 u. f., 643 u. f. Vgl. auch Bot. Zeit. 1867. S. 33 u. f., bes. S. 50 u. f.

3) Auch fehlt es nicht an Beispielen, wo Blattstellung und Scheitelzell-Theilung nicht gleich sind. Bei *Marsilia* und *Pilularia* gehen zweizeilige Blätter aus dreiseitigen Scheitelzellen (Hanstein in Pringsheim's Jahrb. IV 224 u. f., *Pilulariae generatio* etc. 13), bei *Salvinia* drei Blattreihen aus Mutterzellen, die nach $\frac{2}{3}$ Stellung stehen, und aus zweiseitigen Scheitelzellen (ebenda III. 487 u. f.) hervor.

Sicher aber wird bei den höhern Phanerogamen durch den in seiner Einwirkungsweise noch unbekannten Gestaltungstrieb eine grössere Zellgenossenschaft zugleich zur Arbeit nach gemeinsamem Plan — ohne monarchische Spitze — veranlasst.

Endlich sei noch ein Blick auf die fernere für die innere Gliederung wichtigste Differenzirung des Axencylinders geworfen.

Je nach der Wachstumslebhaftigkeit früher oder später, doch meist nicht sehr fern unterhalb und seitwärts vom Gipfel begegnen wir der ersten Aussonderung des Fibrovasalcyinders. Man sieht (z. B. in Fig. 5 auf dem Längsschnitt von *Lysimachia*) in der äussersten, an das Periblem gränzenden Plerom-Zone Theilungswände auftreten, die der Längsrichtung der zukünftigen Sprossaxe entsprechend, der Entwicklungscurve dieser Zellenlage folgen, und die bis dahin parenchymartigen Zellen in prismatisch gestreckte theilen. Ich bezeichne diese ersten so differenzirten Zellen, gleichviel ob sie als Einzelbündel oder zusammenhängende Zone auftreten, mit dem von J. Sachs vorgeschlagenen¹⁾ Ausdruck als „Procambium“, um damit zugleich den nomenclatorischen Streit über den Begriff Verdickungsring auf sich beruhen zu lassen.

Die erste Andeutung dieser Sonderungs-Erscheinung reicht oft hoch in den meristematischen Gipfel hinein (5 *pr*). Ob sie zunächst in einer nur eine Zelle dicken Zone auftritt, so dass ein einfacher Zellring die Mutterzellen des gesamten Fibrovasalcyinders ausmachte, ist bis jetzt nicht festzustellen. Auf Axenschnitten hat es bald diesen, bald den entgegengesetzten Anschein. Querschnitte können hier nur bei sehr spitzen Vegetationskegeln, die selten sind, etwas Sicheres lehren. Wie bedenklich es wäre, bei der gewöhnlichen flach gewölbten Form der Vegetationshügel diese Frage auf Querschnitten, zumal sehr feinen, lösen zu wollen, lehrt schon ein Blick auf die Figuren 3 und 5. Die obersten Längstheilungen liegen hier durch die starke Zusammenneigung der Schichten fast in der Ebene eines Querschnittes, oder so wenig schief dagegen, dass sie nicht deutlich erkennbar sein würden. In andern Knospen ist dies noch viel mehr der Fall, so dass hierüber selbst Sanio's ausgezeichnete Untersuchungen an Querschnitten nicht durchaus den Ausschlag geben können. Nur die Combination allseitiger fortgesetzter

1) Mündlich.

Beobachtungen wird diese Frage lösen. Indessen sind die gesammten Differenzirungs-Vorgänge im Vegetationsgipfel der Annahme einer einzelnen Mutterzellreihe kaum günstig.

Als andere Schwierigkeit tritt hierbei die ebenfalls von Sanio ausführlich behandelte Frage heran, ob der gesammte sogenannte Verdickungsring zugleich oder doch vor den Einzel-Fibrovasal-Fascikeln angelegt werde, oder diese jenem vorangehen.

Auch hier ist die Entscheidung aus dem Grunde schwierig, dass Längsschnitte nur Theile des Ganzen zur Anschauung bringen, und die Querschnitte einer Knospe eben keine wirklichen Querschnitte der fraglichen Zone sind.

Dennoch aber kann man erstlich beobachten, dass überall, wo ein Procambium-Streifen gegen einen jungen Blatthügel hinzieht, dieser nur seitwärts abbiegt von einem ähnlichen, der weiter zu dem Meristem-Gipfel anstrebend, den Gesamtzug des Procambiums von unten nach oben fortsetzt (Fig. 5). Man sieht, wie sich eine Kette von vorher nicht differenzirten Meristemzellen, in einer spitzwinklig gegen das Axen-Procambium geneigten Linie gegen die Mitte des Blattanfanges gelagert, zur Längstheilung in dieser Richtung anschiebt, und von unten nach oben sich durch das Blatt hin fortsetzt. Allein man bemerkt die aufwärts steigende Procambium-Sonderung auch da, wo in der Längsebene kein entstehender Blatthügel oberhalb noch wahrzunehmen ist, so dass sich hieraus weder ein isolirtes Auftreten der Blatt-Procambiumbündel noch ein Voraneilen derselben bestätigt. Dazu ist wohl zu erwägen, dass ja doch von einem wirklichen „in die Höhe wachsen und sich aufwärts verzweigen“ der Fasergefässbündel, wie man sich bildlich ausdrückt, nicht als von einem thatsächlichen Vorgang die Rede sein kann, wobei sie wie selbständige Vegetationen sich zwischen anderes ruhendes Zellgewebe eindrängten, sondern, dass es sich nur um eine mit der Massenzunahme des gesammten Sprossgipfels Hand in Hand gehenden Sonderung einer der in demselben schon vorhandenen Zellenzonen handelt, welche sich einem unten im Spross schon fertigen Dauergewebsgürtel aufwärts anschliesst. Und hierbei ist endlich zu beachten, dass die Gestaltung und seitliche Ausdehnung des meristematischen Scheitels in der Mehrzahl der Fälle fast ausschliesslich von der überwiegenden allseitigen Massenzunahme der ganzen sich noch vergrössernden Sprossspitze beherrscht und verhältnissmässig sehr wenig von der localen Erhebung eines Blatthügels beeinflusst

wird¹⁾, da ein solcher meist im Verhältniss zu der Gesamtmasse der in Entwicklung begriffenen Organe verschwindend klein ist (Fig. 10, 11), — und dass somit auch die Umfangszunahme nicht bloss örtlich dort, wo unterhalb einer Blattanlage ein Fasergefässstrang entsteht, stattfinden kann, sondern gewöhnlich ziemlich gleichzeitig ringsum erfolgt. Indem also auch die neben und zwischen den Strängen gelegenen Theile der betreffenden Zellenzone zugleich mit diesen wachsen müssen, so erhellt, dass sie entweder ihre Zellen radial strecken, oder, wie es innerhalb der Bündel geschieht, tangential theilen müssen, wodurch sie ja dann eben als gesonderte Zone, d. h. als Procambium-Ring sofort gekennzeichnet sind.

Aus Erwägung dieser Umstände folgt mithin, dass die gesamte Procambiumzone im Allgemeinen als der Anlage des aufwärts wachsenden Fasergefäss-Cylinders vorhergehend und gewissermassen den oberen dünn auslaufenden Rand desselben bildend, nahezu gleichzeitig aus dem Urzellgewebe des Gipfels gesondert wird, und dass die stärkeren individualisirten Streifen, meist oberwärts in die Blattanlage abbiegend, dabei bald der ganzen Zone voraneilen, bald mit ihr Schritt halten.

Somit muss etwa gleichzeitig mit der Differenzirung des Procambiums auch überall die Sonderung der Procambiumfascikel von den interfascicularen Theilen desselben deutlich sein. In dieser Auffassung finden zugleich die lange hierüber streitenden Ansichten der Phytotomen eine genügende Vermittlung²⁾.

Während die wachsende Sprossspitze sich streckt, nehmen die Procambium-Lagen durch schnell sich wiederholende Längstheilung der Zellen zu, so dass bald breite Lagen des nachmaligen Xylems und Phloëms³⁾ lediglich dadurch angelegt werden. Und es erscheint hieraus kaum wahrscheinlich, dass später diese Gewebe durch Quertheilung und Zwischeneinanderwachsen der Tochterzellen⁴⁾ sich vermehren sollten, wogegen schon die meist

1) Die Ansicht Müller's, dass die Gestaltung des Vegetationspunktes wesentlich von dem Auftreten der jüngsten Blätter bedingt werde, hat nur eine beschränkte, Geltung, und auch seine Begründung der Verschiebung der Blattanlagen aus der Mittellinie wäre demnach noch unter allgemeinerem Gesichtspunkte an zahlreicheren Beispielen zu prüfen.

2) Wie dieselbe ja durch Sanio's Beobachtungen und Entwicklungen schon eigentlich gegeben war. Die erste Entwicklung der Gefäss- und Faserstränge selbst gestattet der Raum hier nicht in erneute Discussion zu ziehen.

3) Nägeli, Beiträge zur wissensch. Botanik S. 9.

4) Nägeli u. Schwendner, d. Mikroskop S. 580.

deutliche Lagerung der Holzzellen in Querschichten spricht. Zugleich auch bietet diese Zelltheilung eine der verschiedenen Ausnahmen von dem von Hofmeister¹⁾, wenn auch nicht ohne Grund, so doch viel zu allgemein ausgesprochenem Gesetz, dass die Theilung der Zellen stets senkrecht gegen die Richtung ihrer jüngsten Streckung erfolge.

In allen Fällen, wo das gesammte Periblem deutlich gesondert ist, kann man leicht wahrnehmen, dass die äusserste Pleromschicht das Procambium erzeugt. Wo dagegen die inneren Periblem-Lagen durch unregelmässige Zelltheilung der Form nach in das Plerom übergehen, dürfen wir umgekehrt im Auftreten des Procambiums die natürliche Grenzlinie des Pleroms erkennen.

Die ferneren Differenzirungen und Entwicklungen im Procambium zu verfolgen, war hier nicht die Aufgabe. Dass ausserdem in abnormen Sprossbildungen mancherlei Ausnahmen von dem oben Gesagten stattfinden, ist selbstverständlich.

So lässt sich nun von der innern und feineren Anfangsgestaltung des Sprossgipfels folgende Anschauung gewinnen.

Die Verlängerung des Sprosses wird durch eine den Gipfel fortbildende Urzellgewebsmasse (Meristem) bewirkt, welche in verschiedenartiger Theilung begriffen und aus drei Schichten zusammengesetzt ist, die nach Abstammung und Wirkung unterschieden werden müssen.

Das oberste (Dermatogen) versieht den wachsenden Sprossgipfel mit Epidermis. Die zweite darunter liegende (Periblem) giebt dem äussern Rindenparenchym die Entstehung, die dritte (Plerom) sorgt für Erzeugung der gesammten innern Zellgewebsmasse des herzustellenden Sprosses. Diese dritte, das Plerom, lässt zahlreiche, zuerst fächerförmig auseinanderweichende Zellenlagen hervorgehen, welche von den wenigen mehr oder minder gesonderten Lagen der zweiten, des Periblems, und der einen stets vollkommen gesonderten, dem Dermatogen, kappenartig überdeckt werden.

Jede Abtheilung beginnt auf dem Gipfel mit einer einzelnen oder einigen Anfangszellen oder Initialen. Das Plerom zeigt zuerst Allwärtstheilung und geht dann in Reihentheilung über. Das Dermatogen ist in steter Flächentheilung wie auch die daraus gebildete Epidermis. Das Periblem, zeitweise vielleicht durch Allwärtstheilung mit dem Plerom communicirend, verharret wesentlich in Flächentheilung, bis es zur Erzeugung von

1) Hofmeister, d. Lehre v. d. Pflanzenzelle S. 129.

seitlichen Neubildungen zu erneuter Allwärtstheilung schreitet. Die Richtung, Folge und Häufigkeit der Zelltheilungen innerhalb jeder Schicht wird nach der specifischen und örtlichen Gestaltungsaufgabe des Ganzen geregelt.

Einzelne Dermatogenzellen schreiten später zur Bildung von Trichomen. Die übrigen bilden miteinander das Epiderm-Dauer-Gewebe. Keine Dermatogen-Zelle nimmt an der Massenbildung eines Blattes oder Zweiges Theil.

Vielmehr geschieht die erste Anlage eines Blattes unterhalb des Scheitels durch jene lokal eintretende Allwärtstheilung erst einzelner, dann einer immer grösseren Zahl von Periblem-Zellen, wodurch ein schwellendes Blatt-Meristem hergestellt wird, welches das Dermatogen hebt und ebenfalls zu örtlich erhöhter Beschleunigung seiner Zelltheilung veranlasst. Letzteres bildet ausschliesslich die Epidermis, ersteres die ganze innere Zellgewebsmasse des Blattes.

Wesentlich ebenso vollzieht sich die erste Anlage der Zweig- oder Seitensprossen. Mithin dürfte die Meristemgruppe, welche lediglich durch die Theilungsform vom Periblem gesondert, ebensowohl noch Blatt als Zweig werden könnte, mit dem neutralen Ausdruck „Epiblastem“ bezeichnet werden. In der Zone etwa, wo die ersten Blatthügel sich erheben, differenzirt sich die äusserste Schicht des Pleroms durch eintretende Längstheilung zum Procambium, während die innere Hauptmasse desselben nach und nach aus der Kegel- in die Cylinderform übergehend zum Mark-Dauer-Parenchym wird. Das Procambium tritt durch andere Theilungsunterschiede gesondert, alsbald als Fascicular- und Interfascicular-Procambium auf.

Die Reihenfolge in der Differenzirung der Gewebe ist hiernach kurz diese:

1. Das Dermatogen. Von Anbeginn ein selbstständiges „Sondergewebe“. Seine Zellen differenziren sich in Epiderm-Dauerzellen und Trichom-Mutterzellen.

2. Das Periblem, in seiner ersten Sonderung vom Plerom noch nicht genügend erkannt, sondert zunächst aus sich das Epiblastem und bildet dann entweder nur Rinden-Dauer-Parenchym, oder differenzirt sich in solches und in Gefässmutterzellen verschiedener Art (und andere Gebilde, deren Erwähnung ausserhalb des Zweckes dieser Mittheilung liegt).

3. Das Plerom. Sondert sich zunächst in Procambium- und Mark-Meristem.

4. Fast gleichzeitig differenzirt sich das Procambium weiter in Fascicular- und Interfascicular-Procambium.

5. Das erste sodann in Bast- und Holz-Mutterzellen (Phloëm und Xylem Nägeli) und Cambium. Das erste Phloëm und Xylem wird zum Bast- und Holz-Primordialbündel u. s. f.

Hierdurch wird die Darstellung der allmählichen Sonderung der Gewebe des wachsenden Sprosses nun vervollständigt. Schon früher habe ich wiederholt Gelegenheit gehabt¹⁾, von derselben, soweit sie bekannt war, ein übersichtliches Bild zu geben und habe zumal²⁾ auf die durchgreifende Wichtigkeit der Unterscheidung der primären und secundären Gewebe, welche darauf von Nägeli³⁾ nicht minder passend Protenchym und Epenchym genannt wurden, hingewiesen, von denen nur das zweite von dauerndem Werth für die Pflanzen zu sein pflegt. Jetzt tritt als erste durchgreifende Scheidung noch innerhalb des Protenchyms, die von Anbeginn so auffallende Sonderung des Epidermidalsystems hinzu, welches mit seinen mancherlei Trichom-Auswüchsen gewissermassen eine eigene Vegetation rings um die Oberfläche des Pflanzenkörpers führt. Doch verweise ich, um diese Besprechung nicht weiter auszudehnen, zur Vervollständigung derselben auf jene früheren.

Die Betrachtung der ersten Anlage von Blättern und Zweigen giebt jedoch endlich noch zu folgendem Rückblick Anlass.

Während der Knospenscheitel sich in steter Verjüngung hebt, und unter sich die Zellenzonen der besprochenen Differenzirung überlässt, und einem selbstständigen geschlossenen organischen System dadurch die Entstehung giebt, bleiben die äusseren Zonen eine Zeit lang zur Neubildung seitlich hervorzuschiebender Gliederungen fähig, und zwar die äusserste zur Erzeugung von zerstreuten mancherlei Verrichtungen dienenden Auswüchsen, (Trichomen), die nächste zur Anlage regelmässig gestellter Auszweigungen und zwar durch örtliche Neubelebung eines allwärts gewendeten Theilungs-

1) Hanstein, über den Bau und die Entwicklung der Baumrinde (1853) S. 88 u. f. — Ueber den Bau des dikotylen Holzringes etc., Pringsheim's Jahrbücher I (1858) S. 268. — Die Milchsaftgefässe etc. (1864) S. 47 u. f.

2) Und, so viel ich weiss, zuerst. Wenigstens sind Caspary's Anführungen hierüber in Pringsheim's Jahrbüchern IV (1865) S. 113 chronologisch irrig.

3) Nägeli, Beiträge zur wiss. Bot. I (1858) S. 4.

vorganges, in Zellengruppen, die vorher durch nichts von ihren Schwesterzellen verschieden waren. Keine Einzelzelle darunter vermag sich als selbstständige Erzeugerin eines Blattes zu bekunden. Kein geometrisches Descendenzgesetz lässt den Ort und die Richtung der Neubildung durch den Theilungs-Modus einer einzelnen Urmutterzelle prädestinirt erscheinen.

Vielmehr giebt es im Vegetationspunkt der Mono- und Dikotylen überhaupt keine Zelle, von der eine mathematisch genaue Lagerung und Theilung als constant nachgewiesen wäre. Ja, es ist nach dem jetzigen Standpunkt unserer Kenntniss wissenschaftlich nicht erklärbar, wie eine pflanzliche Zelle, bei ihrer Entstehung aus differenten Theilen und der ihr nothwendigen Schwellbarkeit, zu einer krystallographischen Gestalt mit constanten Winkeln gelangen soll. Aus atomistischen Kräften wäre das hier nicht abzuleiten. Wenn wir daher bis jetzt für die Theorie der Phyllotaxis mit Spannung nach der Auffindung geometrisch mit dieser übereinstimmender Theilungsgesetze der Scheitelzellen ausschauten, so ergiebt sich jetzt, dass wir für die höheren Pflanzen darauf verzichten müssen. Und wenn es auch als besonders unterscheidender Charakter der höheren Phanerogamen und der Kryptogamen auftritt, dass die bei diesen noch stark hervortretende Geltung einer Einzelzelle im Vegetationspunkt bei jenen ganz fehlt, und nur Zellgenossenschaften nach gemeinsamem Ziele hinarbeiten¹⁾, so möge man auch für die Kryptogamen nicht vergessen, wie schwierig es ist, die Winkel der Zellwände bei deren geringen Dimensionen und unsicherer Lagerung so genau zu messen, um eine Constanz derselben als wissenschaftlich begründet ansehen zu können. Es ist bisher sonst kein vegetabilisches Organ von constanten Dimensionen und Verhältnissen bekannt und wir werden kaum zuviel wagen, wenn wir behaupten, dass unwandelbare Winkel und unveränderliche Grösse mit unserer Vorstellung von feinstem Gefüge²⁾ der Pflanzenzelle unvereinbar sind, dass mathematisch feste Winkel als solche im Pflanzenorganismus keine eigene Realität haben. Wir kennen bisher keinen Grund, aus dem sie darin erzeugt werden müssten.

Wo immer daher am Pflanzenkörper geometrische Grössenbestimmungen als annähernd beständig auftreten, wie eben die Blattstellungs-Divergenzen

1) Nur im Epidermidalsystem und besonders in der Entwicklung der Trichome finden sich in interessanter Weise kryptogamische Zelltheilungsfolgen zum Aufbau derselben wieder.

2) Vgl. Nägeli's vortreffliche Arbeiten über pflanzliche Molecular-Structur in seinen botanischen Mittheilungen II, S. 1 u. f. u. a. a. O.

und die damit mehr oder weniger harmonirenden Zellgestalten, können sie nur aus allgemeinen am Pflanzenstock wirksamen Gleichgewichtsverhältnissen in der Raumbenutzung hervorgehen. Durch das gleichzeitige oder succedane Entstehen einer bestimmten Zahl oder Folge ähnlicher Neubildungen (gleichviel ob Zellen oder zusammengesetzter Organe) und durch das gegenseitige Einfügen und Zurechtrücken derselben auf gegebenem Raum entstehen ähnliche Figuren, deren Winkel durch die unvermeidlichen Entwicklungsschwankungen stets selbst schwankend bleiben. Nicht die Winkelbeständigkeit schafft die Gesetzmässigkeit der Gestaltbildung, sondern die stets gleiche Wiederkehr der der Art eigenen Bedingungen¹⁾.

Hiernach ist auch der Sinn der Blattstellungsgesetze aufzufassen, und es lässt sich z. B. die allgemeinste der phyllotactischen Anordnungen, welche in der Reihe $\frac{2}{5}$, $\frac{3}{8}$, $\frac{5}{13}$ u. s. w. ihre bald mehr bald minder genauen Ausdrücke findet, als eine auf vollkommenste und bequemste Raumausnutzung gerichtete Zweckmässigkeitsercheinung darlegen²⁾.

Dies Zweckmässigkeitsgesetz wird aber vielfach nur unter mancherlei Beschränkungen befolgt, die wir einstweilen nicht mehr und nicht weniger verstehen, wie alle übrigen Wirkungen des der Art inwohnenden Eigengestaltungstriebes („Idiomorphismus“), der alles Organische beherrscht. Wie dieser überhaupt die Pflanzengestalt hier mehr, dort weniger hoch entwickelt in die Erscheinung treten lässt, so werden im Meristem die Blätter hier in grösserer, dort in geringerer Zahl, hier mit ebenmässigerer, dort in beschränkterer Anordnung angelegt.

Blatt- und Zweigspross (Phyllom und „Caulom“³⁾) sind ihrer ersten Anlage nach nicht verschieden, beide stammen aus derselben Gewebeschicht, deren Zellen endlich bis zum Procambium in Mitthätigkeit gezogen, die Erzeugung von Fasergefässträngen und die Vereinigung derselben mit denen des Muttersprosses ermöglichen. Schon anfänglich unterscheiden sie sich hierdurch von den Trichomen. Später erst sind beiderlei Organe lediglich dadurch verschieden, dass das Blatt in seiner ganzen Formentwicklung sich

1) Auch aus Hofmeister's neuerer Besprechung kryptogamischer Blattstellungs-Entwicklungen kann nur eine Bestätigung dieses Gesetzes gefunden werden. Vgl. Bot. Zeit. a. a. O.

2) Wie ich das geometrisch erwiesen habe in Pringsheim's Jahrb. I S. 271 u. f.; 275 u. f.

3) Vielleicht ist auch dies Wort jenen Ausdrücken Nägeli's: Trichom, Phyllom, Thallom etc. passend anzureihen.

nur als ein zugehöriger peripherischer Theil auf den Mutterspross, dem es zu assistiren hat, bezieht, mithin höchstens bilateral symmetrisch wird, während der junge Zweigspross sich bald zu einem selbstständigen System cyclisch abschliesst und sich durch eigene Phyllome ergänzt. Daher die mancherlei Zwischenformen zwischen Blatt und Zweig und die vielen vergeblichen Versuche, sie durch constante morphologische oder genetische Merkmale zu unterscheiden.

Gewöhnlich erzeugt ein Sprossgipfel erst Phyllome und dann in zweiter Reihe in den Achseln derselben Zweige. Allein er kann auch die letzten ohne Vortritt der ersteren hervorbringen, und dann nehmen sie genau die Stelle derselben ein und sind anfänglich durch nichts von ihnen verschieden. Der erste Gegensatz ist mithin einfach der von wachsender Mutter-Axe (Caulom relativ 1. Ordnung) und regelmässig erzeugten Auszweigungen. Ob diese aber sich zum Blatt (Phyllo) oder zum Zweig (Caulom relativ 2. Ordnung) gestalten werden, ist erst der Gegenstand fernerer Differenzirung, welcher, wenn ich so sagen darf, durch das morphologische Bedürfniss der Species geregelt wird¹⁾. Befreien wir uns somit von einem gewissen aus der herrschenden Vorstellung von der Achselsprossfolge entspringendem Zwange, und geben wir zu, dass es ausser den mit Tragblättern gepaarten Seitensprossen (Achselsprossen) auch ebensowohl regelmässig gestellte tragblattlose Seitensprosse, als achselsprosslose Blätter giebt oder dass, mit anderen Worten, das so weit verbreitete Auftreten der Zweigsprosse in den Blattachseln des Hauptsprosses dennoch nur ein specieller Fall eines weit allgemeiner zu fassenden Gleichgewichts-Gesetzes ist, so werden wir sicher mit der Erklärung einiger ganz abnorm scheinender Blatt- und Sprossfolgen, zumal der extraaxillären und doch gesetzmässigen Sprossbildungen, leichter zu Stande kommen.

Vorstehende Folgerungen begründen sich, wie anfangs bemerkt, auf die Beobachtungen einer Anzahl beliebig aus den monokotylishen und dikotylishen Familien herausgegriffener Arten. Nicht genug, um die Gültigkeit der daraus gezogenen Folgerungen für die Gesammtheit dieser zwei Klassen

1) Es giebt Fälle, in denen der Vegetationsscheitel einfach wie eine Masse eines plastischen Stoffes erscheint, aus welcher ohne Weiteres und beliebig die verschiedensten Dinge neben einander herausgebildet werden.

sicher zu behaupten, lässt doch, glaube ich, die willkürliche Wahl derselben die Ueberzeugung gewinnen, dass sie mindestens für die normal gebauten Mitglieder derselben allgemeine Geltung haben werden.

Erklärung der Abbildungen auf Taf. III.

- Fig. 1. Axenschnitt des Vegetationspunktes von *Evonymus Japonica* mit den jüngsten Blattanlagen.
 Fig. 2. Gleiches Präparat von *Cochlearia glastifolia*.
 Fig. 3. Gleiches Präparat von *Aesculus Hippocastanum*. Mitte von Fig. 11.
 Fig. 4. Gleiches Präparat von *Prunus Laurocerasus*.
 Fig. 5. Gleiches Präparat von *Lysimachia Ephemorum*.
 Fig. 6. Theil des Axenschnittes des Vegetationspunktes von *Melaleuca dioemifolia*.
 Fig. 7. Axenschnitt durch die Blütenkopf-Anlage von *Inula Helenium*.
 Fig. 8. Ein Stück aus der Mitte desselben Präparats.
 Fig. 9. Scheitelansicht der Mitte des Vegetationspunktes von *Aesculus Hippocastanum*. von oben gesehen.
 Fig. 10. Axenschnitt der Knospe von *Callistemon sp.*
 Fig. 11. Aehnliches Präparat von *Aesculus Hippocastanum*.
 Fig. 12. Peripherischer Theil eines ähnlichen Präparates wie Fig. 7 von derselben Pflanze, eines der innersten Hüllblätter mit seiner Achselknospe zeigend.

In allen Figuren bezeichnet:

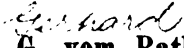
- i* die Initialen des Axencylinders oder Pleroms, *i'* die der Epidermis, *i''* die des Periblems und *ib* die eines Blattes.
d, *e* Dermatogen und Epidermis, *pe* Periblem, *pl* Plerom, *pr* Procambium, *w* die Blattwinkel.
b die jüngsten Blattanlagen, *b'*, *b''* etc. die nächst älteren, *sp* die Anlage von Seitensprossen.

Sinnentstellender Druckfehler:

S. 119 Z. 5 v. o. lies: »massebildenden« statt »nachzubildenden«.

2

Ueber die Meteoriten von Pultusk im Königreich Polen, gefallen am 30. Januar 1868.

Von

Dr. G. von Rath.

Hierzu Tafel IV.

Am 30. Januar gegen 7 Uhr Abends sahen die Bewohner Warschau's ein glänzendes Meteor, welches fast mit Tageshelle Stadt und Gegend erleuchtete. Etwa drei Minuten nach Verlöschen des Lichts wurde eine sehr starke Detonation, wie von mehreren Kanonenschüssen vernommen, in Folge derer an manchen Häusern Warschau's die Fensterscheiben sprangen ¹⁾. Die Ursache jener Erscheinung war ein grossartiger Aerolithenfall, welcher sich 9½ Meilen von Warschau entfernt, an der Narew zwischen Pultusk und Ostrolenka im District Makow, Gouvernement Plock, ereignete. Das Phänomen von Pultusk, eines der grossartigsten, welches jemals beobachtet wurde, schliesst sich sowohl in Bezug auf die den Fall begleitenden Erscheinungen, als auch in Hinsicht der Zahl und Beschaffenheit der Steine, und der Ausdehnung ihres Verbreitungsbezirks auf das Engste an jenen berühmten Steinregen von Aigle, Dep. de l'Orne, (1803) an, welchem sich bereits Stannern (1807) und Knyahinya (1866) anreiheten. Es fielen bei Pultusk viele Tausend, wahrscheinlich sogar Hunderttausende von Steinen über einen Raum von mehreren Quadratmeilen Ausdehnung. Die Leuchtkugel, aus welcher die Steine herausgeschleudert zu werden schienen, soll die Hälfte der scheinbaren Mondgrösse gezeigt haben, und wurde in ganz Polen, einem Theile von Galizien, Ungarn, Mähren, Böhmen, in den Provinzen Schlesien, Posen, Preussen,

1) Vgl. N. Jahrb. v. Leonhard und Geinitz, 1868, S. 326: Briefliche Mittheilung von Dr. Carl Szymanski. Sitz.-B. d. k. Akad. d. Wissensch. LVII B. II. Abth. März-Heft (1868) v. Haidinger: Der Meteorsteinfall unweit Warschau.

ja bis Wernigerode am Harze, d. h. auf einem Raume von mehr als fünf Tausend Quadratmeilen erblickt. Unter heftigen Detonationen fand die Zertrümmerung der kosmischen Massen in die fast zahllosen Meteoriten-splitter statt, welche einen wahren Steinschauer bildeten. Wenn die Nachrichten, dass einzelne Steine des Phänomens von Pultusk auch im Kreise Plessen, Provinz Posen, niederstürzten, auf Wahrheit beruhen, so würde der Schleuderbezirk unseres Falls der grösste sein, welcher jemals beobachtet wurde und eine Ausdehnung von vierzig geographischen Meilen besitzen.

Es kann nicht Zweck gegenwärtiger Arbeit sein, die Nachrichten über die Erscheinung und den Niederfall der Aerolithen von Pultusk oder die Resultate der Untersuchungen über die Bahn, Fluggeschwindigkeit und andere Momente, welche zur Gesamtkennntniss jenes grossartigen Phänomens gehören, hier mitzutheilen, da einer ausführlichen die Fall-Erscheinungen selbst betreffenden Arbeit des Professor Galle, Directors der Breslauer Sternwarte, entgegengesehen werden darf, nachdem derselbe bereits einen vorläufigen Bericht über das Phänomen vom 30. Januar in einer Sitzung der „Schlesischen Gesellsch. f. vaterländische Cultur“ erstattete.

Die in vorliegender Arbeit enthaltenen Untersuchungen, zu denen mir über zwölf Hundert im Besitze des Hrn. Dr. A. Krantz befindliche Meteoriten von Pultusk mit freundlicher Zuvorkommenheit zur Verfügung gestellt wurden, erstrecken sich demnach nur auf die Steine selbst, ihre Form, Struktur und mineralogisch-chemische Beschaffenheit. Die Vergleichung der Steine dieses jüngsten Falls mit früheren geschah theils in der reichhaltigen Sammlung des Dr. Krantz, vorzüglich aber im Königl. Mineralien-Cabinet zu Berlin, dessen Meteoriten-Sammlung eine so grosse Bedeutung erlangt hat, theils wegen ihres Reichthums, theils wegen ihrer Beschreibung und Eintheilung durch G. Rose, welcher in gleicher Weise die Principien der Eintheilung für die kosmischen¹⁾ wie für die tellurischen Gesteine aufgestellt hat. Geh. Rath G. Rose erlaubte eine sorgfältige Durchmusterung und Vergleichung der Berliner Meteoriten zum Zwecke der Beschreibung der Pultusker Steine.

Die Meteoriten von Pultusk sind von der gewöhnlichen Art, sie gehören zu G. Rose's erster Abtheilung der Steinmeteoriten, den Chondriten,

1) Vgl. G. Rose, Beschreibung und Eintheilung der Meteoriten. Abh. d. k. Akad. d. Wissensch. zu Berlin, 1863.

welche in einer Steinmasse Körner von Nickeleisen ausgeschieden zeigen und vorzugsweise charakterisirt sind durch kleine Kugeln, welche mehr oder weniger häufig in der Grundmasse liegen.

Was bei Betrachtung der Pultusker Steine zunächst in die Augen fällt, ist der Umstand, dass sie fast ausnahmslos von einer schwarzen Schmelzrinde ganz umgeben sind, selbst die kleinsten Fragmente, deren Gewicht bis zu 1 Gr. hinabgeht¹⁾. Es ist dies ein Beweis, dass die Zertrümmerung des kosmischen Körpers oder richtiger des Schwarms kosmischer Körper, welche den Aerolithenfall bedingten, bereits an der äusseren Grenze der Atmosphäre stattfand, wo die Bewegung der planetarischen Massen noch eine so grosse ist, dass die Bruchflächen bei Vernichtung jener kosmischen Bewegung mit einer Schmelzrinde sich bedecken konnten. In den tieferen Regionen unseres Luftkreises vermindert sich bekanntlich die Fluggeschwindigkeit der Meteoriten so sehr, dass die in diesen Regionen etwa neu entstehenden Bruchflächen sich nicht mehr mit einer Schmelzhülle bekleiden können. Auch die Steinregen von Aigle, Stannern, Knyahinya lieferten fast ausschliesslich ganz umrindete Meteoriten.

Die grosse Mehrzahl der Pultusker Aerolithen bietet durchaus unregelmässige Formen dar: sphäroidisch, trapezoidal, pyramidal, keilförmig, ja scharfkantig einem Feuerstein-Messer nicht unähnlich. Es ist unmöglich, die Gestalten, wie sie jetzt vorliegen, unter einem allgemeineren Gesichtspunkte zusammenzufassen. Denn wir haben es augenscheinlich mit Fragmenten und Splintern zu thun, welche durch Zertrümmerung kosmischer Körper, deren zahllosen Spaltungs- und Ablösungsflächen folgend, entstanden.

Unterstützt durch die sehr grosse Zahl der mir zur Untersuchung vorliegenden Steine musste ich mir zunächst die Aufgabe stellen, trotz der Zertrümmerung und Deformirung, welche die Pultusker Steine im tellurischen Theile ihrer Bahn erlitten, ihre kosmische Gestalt zu ermitteln. Es ist mir zwar nicht gelungen, die ursprünglichen, planetarischen Gestalten im eigentlichen Wortsinne aus den Fragmenten wieder zusammen zu setzen, wenngleich man an den letzteren nicht selten korrespondirende Bruchflächen zu erkennen glaubt; denn allzuviel haben die Trümmer auf ihrem feurigen Fluge verloren, sei es in abschmelzenden Steintropfen oder in losbröckelnden

1) Von wie geringer Grösse die Mehrzahl der Pultusker Steine ist, geht aus der Thatsache hervor, dass Dr. Krantz auf 1 Kilogr. 212 ganz umrindete Meteoriten zählte.

Körnern. Dennoch gestatten einige der grösseren Steine, indem sie auf das Deutlichste Segmente der kosmischen Körper bilden, die ursprüngliche Form zu bestimmen, während einige der kleineren Steine von auffallend regelmässiger Gestalt wahrscheinlich unzertrümmerte planetarische Sphäroide sind.

Eine der ausgezeichnetsten Formen unter den Pultusker Steinen ist diejenige, welche die Figg. 1a, b, c in halber natürlicher Grösse darstellen. Dieser Meteorit, dessen Gewicht 870 Gr. beträgt, bildet ein von zwei ungefähr rechtwinklig zu einander stehenden Bruchflächen (α und β) begrenztes Segment eines dickscheibenförmigen Sphäroids. Der sich einem Kreissegmente nähernde Rand (γ) stellt die ursprüngliche Peripherie des planetarischen Körpers dar. Während die Bruchflächen α und β in vertikalen Schnitten die Dicke des abgeplatteten Sphäroids zeigen, schärft sich letzteres längs des Kreissegmentes γ zu einem mehr oder weniger scharfen Rande zu. Die in den Figg. 1a und b dargestellten beiden Seiten unseres Steins besitzen eine auffallend verschiedene Oberflächen-Beschaffenheit. 1a, die Brust- oder Vorderseite ist höher gewölbt und zu sanft abgerundeten Buckeln gestaltet, 1b, die Rücken- oder Hinterseite wird vorzugsweise durch einen in seiner allgemeinen Lage ebenen Bruch von eigenthümlich kleinhöckeriger Oberfläche gebildet, welcher eine spätere Entstehung verräth. Während nämlich die den ganzen Stein bis auf einige Beschädigungen desselben rings bedeckende Schmelzrinde auf der Brustseite und auf den Flanken schwarz, von ungefähr gleichmässiger Dicke, etwa $\frac{1}{5}$ Mm., nur schimmernd oder fast glanzlos ist, zeigt die kleinhöckerige Bruchfläche der Rückenseite eine dünnere Schmelzrinde von metallartigem, fast kupferrothem Glanz. Die Brustseite unseres Meteoriten wird durch das Vorhandensein und die Richtung der Schmelzrinden-Grate, oder -Säume in überzeugendster Weise charakterisirt, und hierdurch zugleich ein Mittel geboten, die Lage des Steins im tellurischen Theile seiner Flugbahn zu bestimmen. Von Haidinger war der erste, welcher aus der Beschaffenheit und Gestalt der Oberfläche von Meteoriten die Lage derselben in ihrer Bahn kennen lehrte. Zwei Steine von Stannern (22. Mai 1808) wurden durch die in Folge des Luftwiderstandes umgestülpten Schmelzrinden-Säume in Bezug auf ihre Lage zur Bahn bestimmt; bei einem Steine von Gross-Divina (24. Juli 1837) geschah es nach dem Unterschiede der Brust- und Rückenseite (Sitz.-Ber. d. Kais. Ak. d. Wiss. 1860, 19. April u. Sitz. 1862, Sitz. 22. Mai). Die Steine von Stannern (Eukrit) besitzen in Folge ihrer relativ leichteren Schmelzbarkeit eine dicke glänzende Rinde,

welche von der Brustwölbung gegen die Flanken in hohen, scharf hervortretenden, verästelten Graten erhoben und längs den die Rückenseite begrenzenden Kanten in übergestülpten Säumen umgelegt ist. Schmelzgrate, die Orientirung des Steins ermöglichend, scheinen bisher bei der gewöhnlichen Klasse der Meteoriten, den Chondriten, noch nicht beobachtet zu sein. Denn diese wesentlich aus Magnesiasilicaten bestehenden Steine haben eine höhere Schmelzbarkeit und zudem erschwerten die aus der dünnen glanzlosen Rinde hervorragenden ungeschmolzenen Nickeleisenkörner eine freiströmende Bewegung der schmilzenden Oberfläche. Trotzdem lässt der Stein Fig. 1 recht deutlich auf der Brustseite (*a*) und den Flanken (*c*) die vom Scheitel gegen die Peripherie ausstrahlenden, feinen Schmelzgrate erkennen. Auf dem Scheitel selbst erhebt sich die Schmelzmasse zu sehr kleinen Protuberanzen, gleichsam ungewiss nach welcher Seite zu entweichen; auf allen übrigen Theilen der Brustwölbung und mehr noch auf den Flanken (besonders den Bruchflächen α und β) treten die centrifugalen Grate schön und deutlich hervor. Die feinen, doch scharfkantigen Leisten fließen gegen die Flanken hin zusammen und erscheinen hier zuweilen wie übergespritzt. Dass die letzte dünnübrindete, an unserm Steine kupferroth erglänzende Bruchfläche auf der Rückenseite entstehen musste, begreifen wir leicht, wenn wir erwägen, dass der auf die Brust wirkende ungeheure Druck die zur Zertrümmerung an sich geneigte, von Ablösungen durchsetzte Steinmasse zusammenhalten musste, während auf der Rückenseite das Vacuum der Feuerkugel lag. Aehnlich der Bruchfläche 1*b* liegende Ablösungsflächen (auf welche wir später zurückkommen), bieten mehrere Pultusker Steine dar, z. B. Fig. 10; dieselben haben eine ähnliche Oberflächen-Beschaffenheit wie jene Bruchfläche. Wäre letztere noch längere Zeit der abschmelzenden Wirkung des feurigen Fluges ausgesetzt gewesen, so würde ihr Relief unzweifelhaft gleich demjenigen des übrigen Steins geworden sein. Bei den grösseren Steinen von Pultusk überrascht, abgesehen auch von den jüngeren leicht angeschmolzenen Bruchflächen, oft eine seltsame Verschiedenheit des Reliefs, welches theils mehr ebene oder sanft gewölbte Flächen, theils gerundete oder scharfkantig eingesenkte, zuweilen fingerförmige Eindrücke aufweist, während der ganze Stein von einer gleichmässigen Schmelzrinde bedeckt ist. Derartige Reliefformen sehen wir an den Meteoriten Fig. 1, 3, 5, 10, am ausgezeichnetsten aber bietet sie der grosse, jetzt in der Stockholmer Sammlung befindliche Stein dar, 2900 Gr. schwer, von

sphäroidischer Gestalt (grösste Länge 155 Mm., grösste Breite 120, Dicke 85 Mm.). Seine Oberfläche ist theils eben und sanft gewölbt, theils mit rundlich-eckigen Eindrücken versehen, fast wie von Fingerspitzen in einer noch plastischen Masse. Diese zuweilen scharfkantig absetzenden Vertiefungen erklären sich nur durch die zahlreichen unter den verschiedensten Winkeln sich kreuzenden Kluft- und Ablösungsflächen, auf welchen ein Abspringen einzelner Theile statthatte.

Formen wie der geschilderte Stein Fig. 1 und von ähnlicher Grösse finden sich unter den Pultuskern mehrfach. Bei Vergleichung derselben tritt eine auffallende Analogie hervor, welche sich besonders in dem Gegensatze zeigt, zwischen dem mehr zugeshärften Kreissegment und den vertikal die Dicke des Steins durchsetzenden, meist sich nahezu normal treffenden Brüchen.

Der kleine Stein, welchen die Figg. 2a und b in natürlicher Grösse darstellen, kann mit grosser Wahrscheinlichkeit als ein kosmisches Individuum angesehen werden. Der Umriss ist abgerundet dreiseitig, der Scheitel breit und eben, die Brustseite hoch gewölbt und steil in den Flanken abfallend: die Rückenseite ebenflächig. Dass dieser Stein, seine gewölbte Brust vorwärts gerichtet, die höchsten Regionen der Atmosphäre durchzog, ist durch die hier überaus deutlichen Schmelzgrate, welche vom Scheitel radial über die steilen Flanken weg gegen die Kante der Rückenfläche ziehen, augenscheinlich. Es möge hier daran erinnert werden, dass nach dem Meteorsteinfalle von Parnallee bei Madura in Hindostan (28. Febr. 1857) zwei Steine der Gestalt in der Erde steckend gefunden wurden, dass „die am meisten convexe Oberfläche zu unterst lag. Es war dies, wie Hr. Taylor ausdrücklich bemerkt, dem Schwerpunkte entsprechend, gerade die Lage, welche die Meteoriten bei ihrem Durchgange durch die Widerstand leistende Atmosphäre annehmen mussten.“ (v. Haidinger, Sitz.-Ber. 1861, 21. Febr.)

Die Untersuchung einer sehr grossen Zahl von Pultusker Steinen beweist, dass dieser Steinregen nicht der Zertrümmerung Ein es kosmischen Körpers seine Entstehung verdanken kann, dass vielmehr ein Schwarm grösserer und kleinerer planetarischer Individuen in den Anziehungskreis der Erde gelangte, welche der Mehrzahl nach zertrümmert wurden, doch nicht immer in dem Maasse, dass es nicht zuweilen möglich wäre, die kosmische Gestalt zu bestimmen, welche eine stark abgeplattet sphäroidale oder dickscheibenförmige war.

Bevor wir einige der stärker zertrümmerten Formen, Meteoritenfragmente und -Splitter, näher kennen lernen, ist noch eine zweifache Färbung der Schmelzrinde zu erwähnen, wie sie an sehr vielen Stücken und besonders deutlich am Steine Fig. 2 zu beobachten ist. Die Rinde ist entweder schwarz, dies ist der gewöhnliche Fall und die Steine gleichmässig übründet; oder röthlichbraun, welche Färbung vorzugsweise den Bruchflächen zukommt. An dem Steine Fig. 2 und so an vielen andern bemerkt man, dass derselbe zunächst von einer gleichmässigen röthlichbraunen Rinde bedeckt ist, welche sehr dünn, keine deutliche Schmelzgrate aufweist. Ueber diesen ersten Schmelz ist ein zweiter schwarzer, schimmernder geflossen, auf der Brustwölbung seinen Ursprung nehmend, in feinen Graten und spitzen Zungen über die Flanken hinwegspritzend, um auf der Hinterseite sich wieder zu vereinigen. Der schwarze Schmelz ist das Produkt einer höheren oder anhaltenderen Hitze, in Folge deren eine vollständigere Schmelzung des Steins erfolgte und namentlich eine reichlichere Menge des Eisens in die Schlacke trat. So erklären sich einfach die beiden Erscheinungen, dass der schwarze Schmelz über den röthlichbraunen geflossen ist, und dass neuere Bruchflächen nur mit röthlichbrauner Rinde bedeckt sind. Diese sich gleichsam von selbst bietende Erklärung wird auch durch das Löthrohr bestätigt; bei anhaltendem und starkem Blasen verwandeln sich kleine Steinsplitter in eine theilweise geschmolzene schwarze Masse, welche der natürlichen Rinde sehr ähnlich ist, bei geringerer Hitze nimmt die Oberfläche röthlichbraune Farbe an. Denselben Farbenunterschied der Schmelzrinde, wie Pultusk, weist auch Aigle auf, dessen Steine den polnischen überhaupt sehr ähnlich sind.

Früher war man wohl geneigt, ringsumrindete Meteoriten für kosmische Individuen, für „ganze Steine“ zu halten. Schon v. Haidinger hat sich gegen diese Meinung erklärt (Sitz.-Ber. d. kais. Ak. d. Wiss. 19. April 1860) und Nichts kann überzeugender für ihn sprechen als die Betrachtung des durch Figg. 3a und b in halber natürlicher Grösse dargestellten, vollkommen umrindeten Steins, welcher offenbar ein Fragment ist, von so ausgezeichnet zerbrochener Gestalt, wie sie vermuthlich noch an keinem Meteoriten beobachtet wurde. Die ursprüngliche Form des kosmischen Körpers war wohl auch hier ein flaches Sphäroid, dessen breitere Flächen in den Figg. 3a, b nach vorne gerichtet sind. Diese Flächen, eben oder sanftgerundet und mit einer gleichmässigen schwarzen Rinde bedeckt, entsprechen wohl im Allgemeinen der Oberfläche des kosmischen Körpers. Die in beiden Figuren zur

Rechten liegenden Flächen, welche die kosmische Scheibe normal zu ihrer Breite durchschneiden, sind nur mit einem dünnen röthlichbraunen Schmelz bedeckt und zeigen ein von den ursprünglichen Oberflächen-Theilen ganz verschiedenes Relief. Die im Allgemeinen ebene, in 3a sichtbare Bruchfläche besitzt eine eigenthümliche Längsfurchung, deren Ursache wir alsbald in den mit Nickeleisen-Blättern bedeckten Spiegelflächen finden werden. Ueber die scharfe Kante dieser Bruchfläche (in Fig. 3a nach unten gerichtet) legt sich, den rothbraunen Schmelz der Bruchfläche bedeckend, ein umgebogener Saum der schwarzen Rindenmasse hinweg. Die andere Bruchfläche, Fig. 3b, wird durch zwei unter etwa 125° zusammenstossende Ebenen von höckeriger Oberfläche gebildet. Der Stein Fig. 3 lässt demnach keinen Zweifel übrig, dass das Erglühen und die Oberflächenschmelzung schon vor der Zertrümmerung stattfand und, in diesem speciellen Falle wenigstens, mit geringerer Intensität nach dem Zerschlagen fortdauerte.

Einen seltsam geformten Stein, bis auf kleine Beschädigungen von einer gleichartigen schwarzen Rinde umschlossen, stellt Fig. 5 in halber Grösse dar. Die in Fig. a zur Rechten verkürzte Fläche erscheint in b nach vorne gewandt, um ihre charakteristischen Vertiefungen zu zeigen. Dieser Meteorit trägt auf der in 5a nach vorne gewandten Fläche eine ganz flache schmale Wulst, welche von einem äusserst dünnen bräunlichen Schmelz bedeckt ist. Entfernt man diesen letztern, so zeigt sich darunter Nickeleisen. Solche niedere Wülste, welche sich zuweilen gleich Schnüren um den Stein ziehen, verrathen schon an der Oberfläche das Vorhandensein von mit Eisenlamellen bedeckten Ablösungen im Innern des Meteoriten. Auch der grössere der beiden Steine von Gütersloh (17. April 1851) im Berliner Cabinet zeigt eine solche gestreckte Eisenpartie. Dieser westphälische Stein besitzt überhaupt einen fast identischen Oberflächen-Charakter wie die Pultusker Meteoriten: er ist Fragment eines Sphäroids, ist theils ebenflächig, theils von (mit rundlichen Vertiefungen versehenen) Bruchflächen begrenzt, doch gleichartig umrindet.

Der Fig. 4a, b, c in natürlicher Grösse abgebildete ganzumrindete Stein von trapezoidischem Umriss lässt in ausgezeichnetster Weise den Unterschied zwischen Brust- (a) und Rückenseite (b) erkennen. Jene ist regelmässig gewölbt und entspricht offenbar einem Theile der kosmischen Gestalt. Die Rückenseite ist durch Bruchflächen gebildet, welche uneben, kleinhöckerig von dünnem glänzendem Schmelz bedeckt sind. Vom Scheitel der Oberseite ziehen, besonders deutlich auf dem erhaltenen Theile der Flanken, Fig. 4c,

sichtbar, feine Schmelzrinden-Wülste herab. Die reichlichere Schmelzrinde der Brust legt sich in einem zusammenhängenden erhabenen Saume über den dünnen Schmelz der Bruchfläche des Rückens hinweg, 4 *b* links. Auch bei diesem merkwürdigen Meteoriten bedeckt schwarzer Schmelz den rothbraunen und ist über den letzteren auf den Flanken (genau wie bei dem Steine Fig. 2) hingespitzt.

Während die bisher betrachteten Steine wenigstens theilweise noch Spuren ihrer kosmischen Form erkennen liessen, ist dies bei dem vollständig umrindeten Meteoriten Fig. 6 *a* und *b* nicht mehr der Fall. Derselbe hat eine meisselförmige Gestalt mit einer fast schneidigen Kante und lässt ältere und jüngere Bruchflächen unterscheiden. Die in *a* nach vorne gewandten Flächen gehören einer früheren, die in *b* sichtbaren Flächen einer späteren Zertrümmerung an. Jene sind durch die Schmelzung mehr geebnet, letztere kaum angeschmolzen und kleinhöckerig. In Fig. 6 *b* ist ein grosses aus dem Stein hervorragendes Nickeleisenkorn sichtbar. Solche unregelmässig gerundete grössere Eisenkörner finden sich nicht ganz selten bei Pultusk.

Die Betrachtung der Rückenseite einiger Steine, Figg. 7 und 8, ist geeignet, die durch das Studium der Form und Schmelzrinde gewonnene Einsicht in die Bewegung der Meteoriten zu erweitern und zugleich v. Haidinger's interessante Beobachtung an einem Stannern zu bestätigen (Sitz.-Ber. d. k. Akad. 1862, 22. Mai). Der kleine Stein Fig. 7 bietet uns in *a* seine geglättete, zu einer kielförmigen Wölbung gestaltete, durch radiale Schmelzlinien bezeichnete Brustseite dar, während *b* den durch drei zusammenstossende Bruchflächen gebildeten Rücken darstellt. Auf dieser Seite haftet nun durch Schmelz verkittet ein Haufwerk kleiner und kleinster Meteoritenkörner, umrindet oder wohl auch ganz geschmolzen. Dass der Schwarm von Pultusk zertrümmerte bis zur Kleinheit von Sandkörnern oder gar Staub, würde uns vielleicht verborgen geblieben sein, wenn nicht einige grössere Steine auf ihrer Rückenseite fein zertheilte Meteoritenmasse gesammelt und mitgeführt hätten. Die von der Brust des Steins abschmilzenden oder von den Flanken losbröckelnden Theile konnten, wenn sie in die Luftleere hinter dem planetarisch bewegten, mit seiner Brust gegen den stets wachsenden Atmosphärendruck ankämpfenden Aerolithen gelangten, eine grössere Geschwindigkeit als der Hauptkörper annehmen und auf dessen Hinterseite, in der Feuerkugel erglühend, sich wieder mit ihm vereinigen. Auch der Stein Fig. 8 bietet auf seiner konkav verbrochenen Rückseite einige angeschmolzene Meteoriten-

Körner dar. Noch an einem dritten, grösseren Steine von Pultusk in der Krantz'schen Sammlung (in den drei Dimensionen messend 85, 60, 45 Mm.), dessen Schmelzrinde $\frac{1}{2}$ Mm. erreicht, haftet auf der Rückenseite ein durch Schmelzmasse verkittetes Conglomerat kleiner Meteorkörner.

Dem, was bereits über die Rinde unserer Steine gesagt wurde, möchte nur noch hinzuzufügen sein, dass dieselbe sich in keiner Weise von derjenigen der übrigen Chondrite unterscheidet, demnach im Allgemeinen schwarz, matt oder nur schimmernd, rauh oder feinwarzig durch die hervorragenden, ungeschmolzenen Nickeleisentheilchen ist. An der Oberfläche vieler Steine bemerkt man zahlreiche feine Spalten oder Sprünge, verschiedenen Richtungen folgend, zuweilen überrindeten Bruchflächen der Aussenseite ungefähr parallel gehend. Die Entstehung dieser Sprünge ist leicht begreiflich; denn wie ein glühender Körper Risse bekommt, wenn er plötzlich in kaltem Wasser abgeschreckt wird, so muss auch ein kalter Stein zerreißen, welcher plötzlich an seiner Oberfläche in die intensivste Gluth versetzt wird. Dies letztere ist der Fall in Bezug auf die Aërolithen (vgl. v. Reichenbach: Die schwarzen Linien und Ablösungen in den Meteoriten, Pogg. Ann. Bd. 125, S. 309). Jene Risse führen uns in das Innere der Steine. Zerschlägt man dieselben oder betrachtet man eine frische durch den Niederfall entstandene Bruchfläche, so zeigen sich meist viele feine schwarze Linien, die Gesteinsmasse durchziehend, oft mehrere in ungefähr paralleler Richtung, oder auch sich kreuzend oder dichotomisch getheilt. Der Ursprung dieser dunklen Linien ist bei den Pultusker Steinen sofort klar, da sie fast überall bis zur Schmelzrinde zu verfolgen sind. Es sind Spalten, mit Rindensubstanz gefüllt, wie v. Reichenbach am gen. O. ausführlich auseinandersetzt. Wenngleich die Bildung dieser haarfeinen Linien, als Spalten, in welche durch den Luftdruck Rindenschmelz gepresst wurde, bei den Pultusker Steinen augenfällig ist, so bleibt es dennoch befremdlich, wie die geschmolzene Masse durch die allerfeinsten, vier bis sechs Zoll im kalten Gesteine fortsetzenden Spalten eindringen konnte, ohne zu erstarren. Ein aus den Tiefen des Weltraums in die Höhen unserer Atmosphäre eintretender und erglühender Aerolith muss in kleinstem Raume, die äussersten Contraste der Temperatur darbieten. Der in das Innere eindringende schwarze Schmelz verleiht dem Gesteinsbruche nicht selten ein breccienartiges Ansehen. Von allen Seiten, durch jede Kluft und Oeffnung, strebte unter dem wachsenden Atmosphärendruck die flüssige und schäumende Rinde in den aus dem

luftleeren Universum kommenden Stein einzudringen. Das körnige Gefüge desselben war für den hineingepressten Schmelz bald leichter bald schwieriger durchdringbar. So sieht man zuweilen von der Rinde aus ein dunkles Maschenwerk sich in das Innere ziehen. Auf dunklem Grunde treten zuweilen mit scharfen Grenzen lichte Partien hervor: es bildet sich eine Pseudobreccie. Untersucht man die Sache genauer, so überzeugt man sich leicht, dass die dunklen und lichten Partien bis auf die Färbung ganz gleichartig sind. Ein ausgezeichnetes Beispiel einer solchen Pseudobreccie bietet der in Fig. 9 (in natürlicher Grösse) abgebildete Stein; der obere Theil des in der Figur sichtbaren Bruches ist von einem Eisenspiegel bedeckt. Das merkwürdigste Beispiel des Nebeneinandervorkommens von lichter und dunkler Substanz auf derselben Fläche bietet bekanntlich Siena dar (16. Juli 1794; s. G. Rose Beschr. u. Eintheil. d. Met. S. 84); hier möchte es indess eine wahre Breccie sein.

Während die eben erwähnten, zuweilen mit Schmelz erfüllten Spalten sich erst beim Erglühen, d. h. in dem Anziehungsgebiete der Erde bildeten, bieten die Pultusker Steine noch eine andere Art von Ablösungsflächen dar, wie sie gleich ausgezeichnet und gleich häufig schwerlich an andern Aerolithen beobachtet worden sind. Es sind scheinbar Rutschflächen mit einem Spiegel oder Harnisch von feinen Nickeleisenblättchen, welche eine deutliche Längsfurchung tragen, bedeckt. Zuweilen fliessen die Metallblättchen zu einer längs gefalteten äusserst feinen Eisenlamelle zusammen. Auf solcher Ablösung trennt der Stein sich leicht und zeigt dann auf beiden getrennten Flächen Eisenspiegel mit korrespondirender Furchung. Mehrere solcher Spiegel durchsetzen zuweilen den Meteoriten, theils ungefähr parallel, theils sich unter spitzen Winkeln schneidend. Fig. 10 (halbe natürliche Grösse) versucht diese merkwürdige Erscheinung wiederzugeben. Der 952 Gr. schwere Stein stellt sich wie Fig. 1 als Fragment eines abgeplatteten Sphäroids dar, dessen Umriss theils durch ein Kreissegment, theils durch eine vertikale, stark überrindete Bruchfläche, theils endlich durch einen frischen, beim Auffallen entstandenen Bruch gebildet wird. Dieser letztere zeigt mehrere zum Theil unter spitzem Winkel zusammenstossende mit ausgezeichnetem, gestreiften Eisenspiegel bedeckte Ablösungsflächen. Diese Spiegelflächen boten nachweislich oft Veranlassung zur Trennung des Steins bei seinem Eintritt in die tellurische Sphäre. Manche unvollkommen überrindete Bruchflächen lassen deutlich erkennen, dass sie ehemals gefurchte

Eisenspiegel waren. Metallische Harnische, wie bei den Pultuskern, bieten der Erklärung nicht geringe Schwierigkeiten dar. Dass sie kosmischer und nicht wie die Schmelzlinien und -Flächen tellurischer Entstehung sind, bedarf keines Beweises. Gestreifte Spiegelflächen, wie sie auf Erzlagerstätten sich so häufig finden, erklären sich gewöhnlich durch eine Verrutschung der zu beiden Seiten der Kluft befindlichen Massen. Sie finden sich indessen auch unter Umständen, wo wir keine Verrutschung, sondern nur einen Druck zur Erklärung annehmen können. Wie nun auch die entsprechende Erscheinung, spiegelnde und gefurchte Ablösungen, sich bei Meteoriten erklären mag — ob durch blossen Druck oder durch Verrutschung; an Bewegung fehlt es in jenen Räumen ja nicht —: in keinem Falle können wir v. Reichenbach's seltsamer Ansicht zustimmen, „dass die Lamellen feiner Eisenschüppchen [für welche bisher Schönenberg in München das ausgezeichnetste Beispiel war] eine Folge der Schichtung der ungleichförmigen Substanzen sei“.

Die vollkommenste Analogie mit Pultusk bietet Aigle dar, sowohl in Hinsicht der — jedenfalls mehrere Tausend betragenden — Zahl der Steine, ihrer Form, Grösse, Beschaffenheit der Rinde, als auch in Bezug der schmelzerfüllten Spalten (als schwarze Linien im frischen Bruch erscheinend) und der Eisenspiegel. Ganzumrindete Steine von Aigle würde Niemand aus Pultuskern auslesen können, während die Chondrite von Knyahinya einen ganz verschiedenen Habitus in Form und Rinde zeigen.

Die Chondrite, die gewöhnlichste Art der Meteoriten, bieten der mineralogischen Untersuchung sehr grosse Schwierigkeiten dar, so dass es selbst dem ausdauernden Scharfsinn G. Rose's nicht gelang, die mineralogische Beschaffenheit derselben vollkommen zu ergründen. Bei der Erforschung tellurischer Gesteine (Laven) bieten die in Drusen ausgebildeten Mineralien, insofern wir sie auch in der Grundmasse voraussetzen können, ein wesentliches Hilfsmittel dar, welches uns leider bei den Aerolithen fast gänzlich abgeht, denn unter diesen enthalten nur Invinas (15. Juni 1821, Eukrit) und Richmond (4. Juni 1828, Chondrit) krystallbekleidete Drusen. Wäre es uns vergönnt, die Meteorsteine in dem Zustande wie sie durch den Raum des Alls sich bewegen und in die tellurische Sphäre eintreten, zu untersuchen, dann könnten wir wohl hoffen durch sorgsames Studium ihrer Oberfläche, welche der Krystallisation freieren Spielraum bot, etwas mehr über die mineralogische Constitution der Steine auszumachen. Wie aber nur die Rinde, nie der Kern unseres eigenen Planeten sich der Beobachtung erschliesst, so

können wir umgekehrt niemals die kosmische Oberfläche jener planetarischen Körper, sondern nur ihr Inneres kennen lernen.

Die Steine von Pultusk bieten der mineralogischen Untersuchung grosse Schwierigkeiten dar, indem einerseits die Grundmasse feinkörnig mit nur wenigen, schwer bestimmbaren krystallinischen Ausscheidungen sich zeigte, andererseits es sich unmöglich erwies eine durchscheinende Platte aus Pultusk zur mikroskopischen Untersuchung zu schleifen. Auf frischem Bruche zeigen die Steine eine lichtgraue Farbe, sie gehören zu den lichterem Chondriten, wenngleich sie nicht so graulichweiss sind wie Tirlmont (7. Decbr. 1863), Mauerkirchen (20. Nov. 1768), Bachmut (15. Febr. 1814) oder New Concord (1. Mai 1860). Pultusk besitzt eine feinkörnige bis dichte Grundmasse, welche ein geringerer Grad krystallinischer Ausbildung von vielen andern Chondriten unterscheidet, namentlich im Vergleiche zu den höchst krystallinischen Steinen von Erxleben (15. Apr. 1812), Klein Wenden (16. Sept. 1843) und Dolores Hidalgo Mexico (in der Krantz'schen Sammlung). — Wie in Bezug auf Gestalt und Rinde, so tritt auch in Hinsicht der Gesteinsbeschaffenheit zwischen Pultusk und Gütersloh eine grosse Aehnlichkeit hervor; nur besitzt der westphälische Stein zahlreichere Kugeln als der polnische. Letzterem fast ununterscheidbar gleich ist Alessandria (2. Febr. 1860), gleichfalls mit Eisenspiegeln. Pultusk ist schwer zersprengbar und zugleich leicht zerreiblich, wie kein irdisches Gestein. Während kleinere Stücke im Mörser sich leicht zerreiben, ist es nicht ganz leicht mit dem Hammer grössere Theile abzuschlagen: eine Folge der Verbindung so heterogener Körper, des Nickeleisens und der Silicate. Auf frischem Bruch bietet bei flüchtiger Betrachtung Pultusk eine fast gleichartige lichtgraue Masse dar, in welcher man bei genauerem Sehen folgende Gemengtheile unterscheidet: Nickeleisen, Schwefeleisen (Magnetkies), Kugeln, Olivin, weisse Krystallkörner, Chromeisen.

Das Nickeleisen, welches sich auf dem selbst nur wenig der Verwitterung ausgesetzten Bruche sogleich durch die braune Oxyd-Färbung der umgebenden Silicattheile charakterisirt, kommt in unsern Steinen in dreifacher Weise vor: in grösseren Körnern, in Lamellen auf den Spiegeln, endlich in zackig verästelten Theilchen der Grundmasse beigemengt.

Die grösseren Körner besitzen eine unregelmässige sphäroidische Gestalt, zuweilen scharfkantig, Krystallform nie zu erkennen, mit einem Messer leicht aus dem Stein abzuheben. Die Körner zeigen angeschliffen fast

silberweissen Glanz und lassen, wenn mit verdünnter Salpetersäure geätzt, Aetzlinien (von Zwillinglamellen herrührend) aber keine Widmanstätten'sche Figuren wahrnehmen. Auf der geschliffenen Fläche des Korns bemerkte ich zuweilen Einmengungen von tombakbraunem Magnetkies, welche bei Behandlung mit verdünnter Chlorwasserstoffsäure reichlich Schwefelwasserstoff entwickelten. Das specifische Gewicht möglichst reiner Nickeleisen-Körner bestimmte ich = 7,017 (bei $17\frac{1}{2}^{\circ}$ C.). Dies Gewicht beweist, dass die Körner in ihrem Innern leichtere Gemengtheile einschliessen: Silicate und Magnetkies, was auch durch die Analyse bestätigt wird. Sieht man von den Verunreinigungen ab, so stellen die Körner eine Legirung von 1 At. Nickel mit 14 At. Eisen dar, welche der Zusammensetzung

Nickel 6,97
Eisen 93,03

entsprechen, demnach nahe übereinstimmend mit dem Meteoreisen von Seeläsgen (Rammelsberg), Arva (Löwe), Rasgata (Wöhler), Cosby Creek (Bergemann) u. a.

Der Eisenlamellen auf den Ablösungsflächen wurde bereits oben gedacht; sie bedingen das Erscheinen jener linearen, fast wurmförmigen Wülste auf der angeschmolzenen Rinde, welche sich zuweilen ein bis zwei Zoll weit verfolgen lassen. Auf den mit Eisenspiegel bedeckten Ablösungen sah ich zuweilen bräunliche Tropfen von Eisenchlorür ausgeschwitzt, eine bei Meteoreisen bekannte Erscheinung. Woher stammt das Chlor dieses Verwitterungsproducts, da jenes Element in den meteorischen Massen bisher nicht mit Sicherheit nachgewiesen wurde? Wohl aus der Luft.

Die Menge des in zackigen Theilchen als wesentlicher Bestandtheil des Meteorits vorhandenen Nickeleisens lässt sich nicht auf dem Bruche, sondern nur auf angeschliffenen Flächen ermessen. Im Vergleiche zur Betrachtung des Bruchs wird man überrascht durch die Menge des Eisens, welches auf der Schlifffläche sogleich hervortritt. Die Körner desselben sind so hackig, zackig, verästelt, wie ich es bei keinem anderen Meteoriten in gleicher Weise gesehen. Das Eisen legt sich gerne in einer Sphäre kleinster Körnchen um die Kugeln und kugligen Partien des Steins (wenigstens um die lichten, um die dunklen habe ich es bisher nicht gesehen). Die höchst verästelte Beschaffenheit des Nickeleisens macht es unmöglich, auch nur angenähert durch Ausziehen mit einem Magnetstabe die Menge des Nickeleisens zu bestimmen. Denn bei dem Pulvern des Steins im Mörser legen sich die breit-

gequetschten Eisentheile noch mehr um die Steinpartikel herum, welche letztere in keiner mechanischen Weise von jenen vollständig zu sondern sind. Wie wenig genaue, wenngleich unter einander übereinstimmende Resultate man bei der magnetischen Behandlung von Pultusk erhält, leuchtet aus Folgendem ein: Es wurde das Steinpulver mit dem Magnet ausgezogen, das Unmagnetische feiner gepulvert und wiederholt ausgezogen, das Magnetische im Wasser von unmagnetischen Steintheilen abgeschlämmt, feiner gepulvert, wiederum ausgezogen und abgeschlämmt. Das Resultat zweier sehr zeitraubenden Versuche dieser Art war übereinstimmend 29,4 pCt. magnetische und von diesen ganz untrennbare Silicat-Theile, eine offenbar ganz falsche Bestimmung des Nickeleisens, wie schon die Betrachtung unter dem Mikroskop und gleich überzeugend die Erwägung des unten mitgetheilten specifischen Gewichts des Meteoriten lehrt. Die relative Menge des Nickeleisens in Pultusk schwankt wohl etwas, übersteigt aber schwerlich 15 pCt.

Das im Pultusker Stein vorhandene Schwefeleisen verräth sich sogleich durch Schwefelwasserstoff-Entwicklung bei Uebergiessen mit Chlorwasserstoffsäure und durch Entwicklung von schwefliger Säure beim Glühen des Steinpulvers unter Luftzutritt. Es findet sich nur in kleinen unregelmässig begrenzten Körnern und körnigen Partien von tombakbrauner, doch durch geringe Verwitterung dunkelstahlblauer Farbe. Auch im Chondrit von Siena zeigt sich Magnetkies in bis zwei Linien grossen körnigen Aggregaten, theils von tombakbrauner, theils von jener dunkelstahlblauer Farbe. Im Innern eines grössern angeschliffenen Eisenkorns nahm ich Magnetkies wahr. Nicht ganz gleichmässig scheint der Magnetkies in den Pultusker Steinen vorhanden zu sein, ich bestimmte dessen Menge in einem Stücke = 3,8 pCt., in einem andern = 4,5 pCt., in einem Dritten 3,3 pCt. der ganzen Masse. — In dem Chondrit von Blansko (25. Nov. 1833) bestimmte Berzelius die Schwefeleisen-Verbindung = 2,7 pCt. [berechnet als Magnetkies], in dem Chondrit von Kleinwendin, Rammelsberg = 5,2 pCt. [als Magnetkies berechnet]. Hexaëdrische, etwa als Eisenkies zu deutende Formen habe ich bei Pultusk niemals wahrgenommen. Speisgelbe Körnchen, welche man zuweilen zu sehen glaubt, sind wohl Nichts als Nickeleisen, dessen wechselnden Farbenschein schon Berzelius (Ueber Meteorsteine, Pogg. Ann. Bd. XXXIII 1834) erwähnt S. 8: „von den glänzenden Punkten des Nickeleisens im Steine von Blansko erscheinen einige röthlich, sind indess nichts Anderes als angelaufenes Nickeleisen.“

In den Steinen von Pultusk finden sich die für die Chondrite charakteristischen Kugeln weder besonders zahlreich, noch von bemerkenswerther Grösse. G. Rose hebt in seiner klassischen Arbeit über Meteoriten unter denjenigen Punkten, welche einer weiteren Untersuchung noch bedürfen, auch die Kugeln hervor. Leider war es mir bei der relativen Seltenheit und Kleinheit (fast immer unter 1 Mm.) dieser Mineralformen nicht möglich, zu einer gesonderten Analyse genügendes Material zu sammeln. Bei Pultusk sind die Kugeln verschiedener Art in Farbe, Härte, chemischer Zusammensetzung. Die dunkeln schwärzlichgrauen Kugeln lassen sich mit dem Messer ohne zu zerbrechen aus der Steinmasse ausheben, sie sind hart, von schwachem Fettglanz, v. d. L. schmelzbar, ihre Oberfläche ist etwas uneben, zuweilen punktirt, in Folge der Faserzusammensetzung, von welcher bereits G. Rose bemerkt, dass sie eine excentrische und nicht wie bei irdischen Vorkommnissen eine radiale ist. Diese Kugeln geben ein graues Pulver, welches durch kochende Chlorwasserstoffsäure schwer zersetzbar ist und pulverige Kieselsäure zurücklässt. Die Lösung gibt neben Eisenoxyd eine namhafte Menge von Thonerde, viel Magnesia und eine Spur von Kalkerde. Dem Auge unsichtbar ist eine kleine Menge von Schwefeleisen eingesprengt, welches sich bei Behandlung des Pulvers mit Chlorwasserstoffsäure verräth.

Ausser den dunklen Kugeln gibt es in den Pultusker Steinen auch lichte, verschiedentlich gefärbte: lichtgrau, gelblich, weiss, bläulichweiss, bläulichgrau. Letztere beiden Farbentöne sehr selten. Gewöhnlich haben diese Kugeln eine anders gefärbte Peripherie, lichter oder dunkler. Ich beobachtete eine 1,5 Mm. grosse bläulichweisse Kugel mit grünlichweisser Hülle. Diese lichtereren Kugeln haben keine deutliche Faserstruktur, wie jene dunklen, sie sind weniger hart, ohne den zähen Zusammenhalt jener. Während die dunklen Konkretionen auf der Bruchfläche des Steins entweder mit ihrer Wölbung hervorragend erscheinen, oder eine Höhlung zurückgelassen haben, so werden die lichten Kugeln vom Bruch stets durchrissen. Betrachtet man sorgsam eine angeschliffene Fläche, so ergibt sich, dass ein grosser Theil der feinkörnigen Grundmasse des Gesteins eine sphärolithische Struktur anzunehmen strebt. Es tritt dies auch besonders durch die kleinsten Partien des Nickeleisens hervor, welche häufig eine der Kreisform genäherte Lagerung zeigen. — Schon oben wurde bemerkt, dass ich die dunklen Kugeln von Eisenhülle nicht umgeben sah. — Die mineralogische Deutung dieser verschiedenartig gefärbten Kugeln ist begreiflicher Weise noch nicht möglich. Die meisten mögen einem indivi-

dualisirten Mineral nicht zugehören, sondern lediglich sphärolithisch ausgebildete Grundmasse sein. Die gelblichweissen Kugeln, welche theils homogen, theils feinkörnig gemengt erscheinen, möchte ich für Olivin halten. Sie sind v. d. L. schwer schmelzbar. Die qualitative Analyse liess nur Kieselsäure, Eisenoxydul, Magnesia erkennen; durch Chlorwasserstoffsäure zersetzbar.

In der lichtgrauen Grundmasse, welche sich einer eingehenderen mineralogischen Diagnose entzieht, liegen nun ausser den kugligen Gebilden zweierlei Silicate, gelbliche Körner und sehr kleine weisse Partikel. Die ersteren sind grösser und mit grosser Wahrscheinlichkeit für Olivin zu halten, wenngleich man nur selten regelmässige Begrenzungen sieht, welche man auf dies Mineral beziehen kann. Die weissen Partikelchen sind deutlich mit der Lupe wahrnehmbar, fettartig glänzend, mit etwas gewölbten Spaltungsflächen; in Bezug auf welch letztere, wie auch über ihre Krystallform ich Nichts zu ermitteln vermochte. Diese weissen Krystallkörner treten noch deutlicher hervor, wenn das Stück etwa 24 Stunden oder länger in Chlorwasserstoffsäure gelegen hat. Als wahrscheinlichste Ansicht über die Natur des in Rede stehenden wesentlichen Gemengtheils der Pultusker Steine empfiehlt sich, denselben für identisch zu halten mit dem wesentlichen Bestandtheil Shepardit des Aërolithen von Bishopville (25. März 1843), des Chladnits (G. Rose). Die weissen perlmutterglänzenden, in Chlorwasserstoffsäure unlöslichen Krystallkörner des Bishopville bestehen nach der Analyse von Shepard aus: Kieselsäure 70,41; Magnesia 28,25; Natron 1,39. Diese Mischung entspricht sehr nahe einem nach der Formel 2MgO , 3SiO_2 , oder $\text{Mg}_2\text{Si}_3\text{O}_8$ zusammengesetzten Silicate der Magnesia, welchem G. Rose den Namen Shepardit beigelegt hat. Eine Stütze für die angegebene Deutung jener krystallinischen Theile ergibt sich aus der chemischen Constitution der Silicate unseres Steins, indem sich dieselbe durch ein Gemenge von Olivin und Shepardit annähernd wiedergeben lässt¹⁾. Es ist mir nicht

1) Dasselbe liesse sich allerdings erreichen durch Berechnung eines Gemenges von Olivin und Enstatit (MgO , SiO_2 oder Mg Si O_3 = Kieselsäure 59,71, Magnesia 40,29). Doch ist die Anwesenheit des Enstatits in Meteoriten bisher noch nicht bewiesen. Was die weissen Krystalle in Bishopville betrifft, so weichen die vorliegenden Analysen zwar sehr von einander ab, doch scheint kein Grund vorhanden zu sein, den neueren Analysen von J. L. Smith mehr Rechnung zu tragen als den früheren, nahe übereinstimmenden von Sartorius und Shepard, welche letzterem das reichlichste Material zum Aussuchen reiner Krystallkörner zur Verfügung stand. Auch ist zu erwägen, dass durch unvollkommene Sonderung der zur Analyse bestimmten weissen Körner von der übrigen Steinmasse ein in Bezug auf den Kieselsäure-Gehalt zu geringes Resultat erhalten werden musste; daher der hohe in den Analysen von Sartorius (67,1 pCt. und Shepard (70,4 pCt.) angezeigte Kieselsäure-Gehalt eine Gewähr für die Reinheit der un-

gelungen, andere Silicate als die aufgeführten Magnesia-Verbindungen in unseren Steinen nachzuweisen. K. v. Fritsch (Verh. d. k. k. geol. Reichsanst. Sitz. 3. März 1868) glaubt zwar mit Bestimmtheit Anorthit erkannt zu haben. Doch beruht dies wohl auf einem Irrthum. Wenn nämlich in einem Silicatgemenge, dessen Gehalt an Kalkerde höchstens 0,3 pCt. beträgt, überhaupt nur eine äusserst geringe Menge eines wesentlich kalkhaltigen Minerals vorhanden sein kann, so wird die Existenz des Anorthits ganz ausgeschlossen durch die Thatsache, dass in der durch warme Chlorwasserstoffsäure erhaltenen Lösung nicht eine Spur von Kalkerde zu erkennen ist; dieser Bestandtheil vielmehr dem in der Säure unlöslichen oder schwer löslichen Antheil zugehört. Die von v. Fritsch an einigen Krystallkörnern unter dem Mikroskop wahrgenommene Streifung kann um so weniger für Anorthit oder überhaupt für einen triklinen Feldspath beweisen, da auch der Shepardit, d. h. jene weissen Körner des Bishopville, womit ich die weissen Partikel des Pultusk identificiren möchte, eine sehr deutliche Streifung auf einer Spaltungsfläche zeigt.

Chromeisenerz ist in sehr kleinen schwarzen, unmagnetischen Körnchen nur in geringer Menge vorhanden. Es bleibt nach Behandlung des Meteoritenpulvers unzersetzt zurück = 0,34 pCt. Bei dem Schmelzen des Steinpulvers mit kohlen saurem Natron wird das Chromeisen nicht zersetzt, es bleibt bei der Kieselsäure, derselben eine schwach bräunliche Farbe verleihend. Um die Kieselsäure rein zu erhalten, muss mit einem Gemenge von Soda und Salpeter geschmolzen werden. Auf diese Weise wurden in der Lösung 0,24 pCt. Chromoxyd, berechnet auf den nicht magnetischen Antheil, bestimmt.

tersuchten Substanz zu geben scheint. Rammelsberg, dem wir gleichfalls eine Analyse des vorwaltenden Gemengtheils von Bishopville verdanken, gewann die Ueberzeugung, dass er ein Gemenge analysirt habe. Die gleiche Annahme ist gewiss auch in Bezug auf die Analysen von Smith gestattet; und es möchte kein Grund vorliegen von der Ansicht G. Rose's abzugehen, dass in dem Chladnit (Stein von Bishopville) ein eigenthümliches Mineral wie der Shepardit vorkomme und neben ihm noch ein anderes Thonerde haltiges Mineral. Auf Kenngott's wiederholte Behauptung (Uebers. Min.-Forsch. 1862—65), dass die weissen Krystallkörner von Bishopville, Rose's Shepardit, Enstatit seien, ist zu entgegnen, dass die mineralogischen Eigenschaften jener Körner durchaus nicht diejenigen des Enstatits sind. In den Meteoriten ist Enstatit überhaupt noch niemals und Augit nicht in der grossen Classe der Chondriten beobachtet worden, eine Thatsache, deren Bedeutung nicht berührt wird durch die Mittheilungen Daubrée's, dass als Schmelzprodukte sowohl der Chondrite als des Steins von Bishopville Olivin und Enstatit erscheinen (Compt. rend. Séance 29. Janv. 1866). Bei diesen interessanten Versuchen wurde der Olivin (dieses häufigste unter allen aus Schmelzfluss sich bildenden Mineralien) krystallographisch bestimmt, während in Betreff der prismes à section rectangulaire des Enstatits weder die Form noch die quantitative Mischung ermittelt werden konnte.

Das specifische Gewicht von sechs kleinen, ganz umrindeten Steinen ergab sich wie folgt:

	absolutes Gew.	spec. Gew.	Temp.
1)	10,273	3,537	20° C.
2)	6,739	3,624	20°
3)	9,653	3,657	15 $\frac{1}{2}$ °
4)	8,4695	3,669	15 $\frac{1}{2}$ °
5)	1,7345	3,671	15 $\frac{1}{2}$ °
6)	4,5445	3,699	15 $\frac{1}{2}$ °.

Da das Gewicht der geschmolzenen Rinde ein geringeres ist als dasjenige des krystallinischen Steins, so kommt dem letztern, nachdem man die schwarze Hülle entfernt, ein höheres Gewicht zu, nämlich = 3,725 (15 $\frac{1}{2}$ ° C.). Noch höher stellt sich das Gewicht wenn der rindenlose Stein möglichst fein gepulvert wird = 3,782 (bei 22° C). Das Gewicht von Pultusk ist demnach eines der höhern unter den Chondriten und reiht sich denen von Seres (Macedonien) 3,71, Lixna 3,66 (Rumler); Blansko 3,70; Klein Wenden 3,7006; Oesel 3,668 und anderen an. — Da es, wie bereits oben bemerkt, unmöglich war, durch Ausziehen mit dem Magneten die magnetischen Theile auch nur annähernd zu bestimmen, so musste zur Ermittlung der procentischen Menge des Nickeleisens ein anderer Weg eingeschlagen werden. Bei der grossen Verschiedenheit der specifischen Gewichte des Nickeleisens und der nicht magnetischen Theile (welche fast vollkommen rein von Eisen ausgesucht werden konnten), musste hierauf, als einer hinlänglich genauen Grundlage, die Rechnung geführt werden können. Die gegebenen Bedingungen der Rechnung sind nun folgende: Die direkt bestimmte Menge des Schwefels = 1,52 pCt. ergibt den Gehalt an Magnetkies = 3,85 pCt., dessen specifisches Gewicht angenommen wird = 4,65. — Das specifische Gewicht des ganzen Meteoriten als Pulver gewogen = 3,782; das Gewicht der nicht magnetischen Theile (d. h. der Silicate und des Magnetkieses, welcher in den meteorischen Vorkommnissen bekanntlich nicht magnetisch ist) = 3,344. Das specifische Gewicht des Nickeleisens wird angenommen = 7,7¹⁾. Die äusserst geringe Menge des Chromeisens können wir hier unberücksichtigt lassen. So ergibt sich das Resultat, dass unser Meteorit enthält:

1) Das Gewicht der zur Analyse ausgesuchten Nickeleisen-Körner betrug allerdings nur 7,017 (s. oben), Da aber dieselben nicht vollkommen rein, sondern mit einer geringen Menge von Silicaten und Magnetkies verunreinigt waren, so wurde das Gewicht 7,7 (welches dem Gewichte des Eisens von Bohumilitz, von Braunau, Seeläsgen, Lenarto etc. entspricht) in die obige Rechnung eingeführt.

Nickeleisen	10,06	pCt.	Spec.-Gew.	= 7,7
Magnetkies	3,85	„	„	= 4,65
Silicate	86,09	„	„	= 3.286.

Das letztere Gewicht entspricht einem Gemenge von Shepardit (nach Shepard = 3,116, nach Sartorius = 3,039) und Eisen-Olivin (desjenigen von Sissersk mit $17\frac{1}{2}$ pCt. Eisenoxydul nach Hermann = 3,43). Vergleicht man in Rammelsberg's Mineralchemie die specifischen Gewichte der Meteorsteine mit dem angegebenen procentischen Gehalt an Nickeleisen, so gewinnt man leicht die Ueberzeugung, dass für viele Steine Gewicht und Eisengehalt nicht in Uebereinstimmung sind, und dass (da nothwendiger Weise entweder das eine oder das andere irrig bestimmt ist) für viele die Menge des Nickeleisens zu hoch angegeben ist. Für den Stein von Lixna z. B., welcher nach der Analyse von Grotthuss 22,0 pCt. Nickeleisen, 9,5 Schwefeleisen, 68,5 Silicate enthält, dessen specifisches Gewicht 3,76 beträgt, berechnet sich das specifische Gewicht der Silicate 2,37 offenbar viel zu niedrig. Für den Stein von Klein Wenden (22,9 pCt. Nickeleisen, 5,6 Schwefeleisen, 70,4 Silicate; specifisches Gewicht 3,70, Rammelsberg, Mineralchemie) ergibt die Rechnung das specifische Gewicht der Silicate = 2,41 ein Resultat, welches gleichfalls der Wahrheit kaum entsprechen kann. Bereits Berzelius gibt an, dass die relative Menge des Nickeleisens in den verschiedenen Theilen desselben Meteorsteins nicht ganz constant sei. Dass der Eisengehalt für Steine desselben Falls nicht constant, und überhaupt das procentische Verhältniss von Eisen und Silicaten kein charakteristisches Merkmal sei, lehrt die Vergleichung geschliffener Flächen mehrerer Pultusker Steine, und gleicher Weise die oben angegebenen verschiedenen Gewichte ganzer Meteoriten. Dasselbe ergab sich aus einer direkten Nickelbestimmung. In 4,044 Gr. des Meteoritenpulvers wurden gefunden 0,050 Nickeloxyd entsprechend 0,039 Nickel. Bei dieser Analyse konnte nicht eine Spur von Kupfer oder Zinn nachgewiesen werden. Sehen wir nun (der sogleich folgenden Analyse entsprechend) das Nickeleisen als eine Verbindung von 1 At. Nickel und 14 At. Eisen an, so ergibt sich die Menge desselben = 0,559 Gr. oder = 13,8 pCt. des Meteoriten.

Die genaue Analyse eines Steins wie Pultusk ist eine schwierige, kaum vollkommen zu lösende Aufgabe; man erwäge die schwierige Sonderung der magnetischen und nicht magnetischen Theile, die Vielartigkeit des Gemenges, in welchem z. B. das Eisen vorhanden ist: als Nickeleisen, als Magnetkies, als

Chromeisen, als Oxydul in den Magnesiasilicaten; ausserdem hat sich selbst in den frischesten Stücken durch die ganze Masse hindurch ein sehr kleiner Theil des Nickeleisens bereits oxydirt, wie der braungefleckte Bruch erweist. — Die Untersuchung erheischte namentlich folgende Analysen: des Nickeleisens, des unmagnetischen Theils, bei welchem Chromeisen, Magnetkies verbleiben, ferner eine gesonderte Behandlung des löslichen und unlöslichen Anthells.

Zur Analyse des Nickeleisens wurden einige grössere (zusammen 0,881 Gr. wiegende) Körner ausgesucht (Gew. 7,017 s. oben):

Schwefel	0,20
Phosphor ¹⁾	Spur
Eisen	86,84
Nickel	6,44
Magnesia	1,61
Unlös. Theile	3,40
	98,49

Nicht eine Spur von Kupfer oder Zinn. Der Verlust besteht hauptsächlich in gelöster Kieselsäure des Magnesiasilicats. 0,20 Schwefel entsprechen 0,51 pCt. Magnetkies (oder 0,55 Troilit). Reducirt man nach Abzug von Schwefeleisen, Magnesia etc. auf 100, so ergibt als wesentliche Mischung des Nickeleisens: Eisen 93,07, Nickel 6,93. Die Formel Fe_{14}Ni würde verlangen Eisen 93,04, Nickel 6,96.

Die unmagnetischen Theile besitzen folgende Zusammensetzung:

	Chromeisen	0,34
Magnetkies	{ Schwefel	2,14
	{ Eisen	3,29
	Kieselsäure	46,17
	Thonerde	1,20
	Magnesia	29,53
	Kalkerde	0,31
	Eisenoxydul	15,25
	Manganoxydul	0,54
	Natron	1,46
		100,23.

Keine Spur von Kali konnte ich bei der Flusssäure-Analyse durch Platin-

1) Dr. Bettendorf wies eine äusserst geringe Spur von Phosphor nach, indem er 0,5 Gr. des Nickeleisens in Königswasser löste, abdampfte, mit Schwefelsäure versetzte, wieder eindampfte, um Salzsäure und Salpetersäure zu verjagen. Nach Abscheidung einer geringen Menge Kieselsäure wurde molybdänsaures Ammoniak zugesetzt; es entstand ein äusserst geringer, unwägbarer Niederschlag, indem sich zugleich die Lösung stärker gelb färbte. In jenem Niederschlag von phosphor-molybdänsaurem Ammoniak beträgt der Gehalt an Phosphorsäure nur 3 pCt.

chlorid nachweisen¹⁾). Nach Abzug von Chromeisen und Magnetkies die bleibenden Silicattheile auf 100 reducirt:

Kieselsäure	48,88	Ox. = 26,07
Thonerde	1,27	0,59
Magnesia	31,26	12,50
Kalkerde	0,32	0,09
Eisenoxydul	16,14	3,58
Manganoxydul	0,57	0,13
Natron	1,56	0,40
	100,00	

Eine Diskussion dieser Zusammensetzung wird ihre Stelle finden nach der unten folgenden Mittheilung der Analyse eines fast Nickeleisen freien Pultusker Steins. — Nach dem Vorgange von Gmelin für die Phonolithe sonderte Berzelius zuerst die in Chlorwasserstoffsäure löslichen von den unlöslichen Theilen der Meteoriten, um auf diese Weise bei Deutung der Silicate Anhaltspunkte zu erlangen. In Bezug auf die irdischen Gesteine hat man schon seit einiger Zeit diesen wenig fördernden Weg verlassen. Wie wenig derselbe zum Ziele, der Bestimmung der konstituierenden Mineralien, führte, erkennt man durch Vergleichung der neueren mikroskopischen Forschung mit den auf die „gesonderte Analyse“ gegründeten Folgerungen. In Hinsicht der Meteoriten hat man an dem Werth dieser Behandlung mit Chlorwasserstoffsäure und gesonderten Analyse der löslichen und der unlöslichen Theile noch länger festgehalten, ohne indess auf diesem Wege zu annehmbaren Schlüssen zu gelangen. Während die lösliche Hälfte der Silicate mehr oder weniger der Olivin-Mischung entspricht, gelingt es niemals, eine wahrscheinliche Annahme zur Erklärung der Mischung der unlöslichen Hälfte zu machen. Leucit, Oligoklas, Labrador, Hornblende, Augit, Wollastonit u. a. Mineralien wurden zur Erklärung dieser letzteren Gesteins-Hälfte herangezogen, obgleich sie niemals in den Chondriten beobachtet worden sind. Offenbar scheidet die Chlorwasserstoffsäure die Silicate nicht genügend: sie greift alle an und zersetzt sie nicht vollständig. Trotzdem habe ich es nicht unterlassen wollen das relative Verhältniss des löslichen

1) Hr. Dr. Bettendorf hatte die Güte den Pultusker Meteoriten auch im Spectral-Apparat zu untersuchen: 0,02 Gr. fein gepulverte Substanz wurden mit reiner Flusssäure behandelt und das resultirende Pulver vor einem kleinen Bunsen'schen Spektrometer analysirt. Die Natriumlinie trat sehr hell auf und war nach 5 Minuten langem Glühen der Perle noch sichtbar. Von Zeit zu Zeit blitzte Calcium β auf, Calcium α war nicht zu sehen. Von Kalium-Linien nicht eine Spur.

und unlöslichen Antheils und die Zusammensetzung des ersteren zu bestimmen, woraus sich die Mischung des unlöslichen leicht berechnen lässt. Von dem Nickeleisen-freien Meteoritenpulver (24 Stunden mit kalter, nur zuletzt zum Zwecke des Abdampfens erwärmter Chlorwasserstoffsäure behandelt) sind

löslich 47,16 pCt. bestehend aus Magnetkies und Silicat
 unlöslich 52,84 „ „ „ Chromeisen und Silicat.

Die Analyse des löslichen Theils ergab

Schwefel	3,1	oder nach Abzug des Magnetkieses	
Eisen	4,8	reducirt auf 100:	
Kieselsäure	32,5	35,4	Ox. = 18,88
Thonerde	0,6	0,7	0,33
Kalkerde	0,0	0,0	
Magnesia	35,8	39,0	15,60
Eisenoxydul mit wenig MnO	22,8	24,9	5,53
	99,6	100,00.	

Die unlöslichen Silicate berechnen sich nun unter Zugrundelegung der beiden vorstehenden auf 100 reducirtten Analysen, sowie der ermittelten Zusammensetzung des unmagnetischen Theils (0,3 Chromeisen, 3,7 Magnetkies, 43,5 lösliche, 52,5 unlösliche Silicate) wie folgt:

Kieselsäure	60,1	Ox. = 32,05
Thonerde	1,7	0,79
Kalkerde	0,6	0,17
Magnesia	24,8	9,92
Eisenoxydul mit wenig MnO	10,0	2,22
Natron	2,8	0,72
	100,00.	

Mehr als 1200 Pultusker Steine, welche mir zur Untersuchung vorlagen, erwiesen sich von wesentlich gleicher Art, mit gleicher, durch vorragendes Nickeleisen höckeriger Schmelzrinde bedeckt, von nicht sehr verschiedenem specifischem Gewichte. Nur ein einziger Stein aus jener grossen Zahl bildete von jener Gleichartigkeit eine merkwürdige Ausnahme, indem er sich schon durch seine Rinde, mehr noch durch die Beschaffenheit seiner Masse unterschied. Die Verschiedenartigkeit dieses einzelnen Steins vermehrt die Beweise, dass ein Steinregen wie Pultusk auf einen Schwarm kosmischer Körper deutet und nicht durch Zertrümmerung eines Asteroids in der Erdatmosphäre sich erklärt.

Der etwa 3 Decim. grosse, ein abgeplattetes Sphäroid bildende 18,461 Gr. schwere Stein besitzt eine schwarze Schmelzrinde, welche im Vergleiche zu derjenigen der normalen Pultusker Steine glänzender, schaumiger ist, durch vorragende Eisenkörner nicht warzig erscheint, demgemäss einen vollkommeneren Schmelzfluss erreichte, der sich in sehr deutlichen Schmelzrippen offenbart. Das specifische Gewicht des ganz umrindeten planetarischen Körpers = 3,236 (bei $17\frac{1}{2}^{\circ}$ C.); kleiner Bruchstücke von Schmelzrinde befreit = 3,263 (bei 20° C.). Letzteres Gewicht stimmt also beinahe ganz überein mit jenem, welches wir oben für die Silicate des normalen Pultusk nach Abzug von Nickeleisen und Magnetkies berechneten (3,286).

Das Gewicht des ungewöhnlichen Pultusk ist weit niedriger als das der Chondrite, geringer noch als dasjenige des Steins von Chassigny (3. Octbr. 1815), — 3,55 — welcher wesentlich aus Olivin besteht, indess etwas schwerer als die Steine von Loutolax, Bialystok und Mässing — welche nach G. Rose ein Gemenge von vorherrschendem Olivin mit Anorthit sind — und schwerer als die Steine aus der Klasse des Eukrit (Juvinas, Stannern), welche ein Gemenge von Anorthit und Augit sind. Auf frischem Bruche stellt sich unser Stein als eine lichtgraulichweisse, feinkörnige, krystallinische Masse dar, durchzogen von vielen feinen Schmelzlinien und -adern, welche deutlich von der Rinde auslaufen. Nickeleisen fehlt nicht ganz, in vereinzelt kleinen runden Körnchen, namentlich auf der geschliffenen Fläche zu erkennen. Sehr selten finden sich äusserst kleine, glänzende, gelbe krystallinische Täfelchen, welche möglicher Weise dasselbe sind wie die kleinen, „strohgelben tafelartigen Krystalle“ im Juvinas. Der abnorme Pultusk enthält keine Kugeln, weder dunkle noch lichte, sodass die Bezeichnung Chondrit für denselben nicht im engeren Sinne zutrifft; die meiste Aehnlichkeit besteht mit Chassigny (Langres). Doch zeigt letzterer eine mehr grünlichgelbe, ins Graue neigende Farbe, deutlicheres Korn, höheres Gewicht und demgemäss eine wesentlich verschiedene Zusammensetzung. Ohne Rücksicht auf alle übrigen Pultusker Steine und ohne Kenntniss der chemischen Zusammensetzung unseres abnormen Steins würde man denselben gewiss zur Klasse des Chassignit's stellen, welche nur jenen einzigen merkwürdigen Stein enthält. Die Analyse weist indess nach, dass der ungewöhnliche Pultusk in seiner Mischung nicht wesentlich verschieden ist von den Silicaten der übrigen Pultusker Steine nach Abzug des Nickeleisens und des Magnetkies.

Das Nickeleisen, welches nicht in zackigen Partien, sondern in runden Körnchen vorhanden ist, sich deshalb mit dem Magneten bestimmen liess, beträgt 1,03 pCt. vom Gewichte des Steins. Dieser zeigt nach Abzug des Nickeleisens folgende Mischung:

Schwefel	} Magnetkies	0,05	
Eisen		0,08	
Kieselsäure		47,58	Ox. = 25,37
Thonerde		1,88	0,88
Magnesia		31,55	12,62
Kalkerde		0,00	
Eisenoxydul		16,21	3,60
Alkalien (Verlust) ¹⁾		2,65	
		100,00	

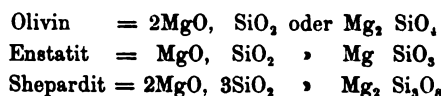
Ogleich unser Stein fast frei von Nickeleisen ist, so stimmt seine Mischung dennoch nicht überein mit irgend einem der eisenarmen oder eisenfreien Aerolithen, Loutolax, der Typus des Howardits enthält nur 37,4 pCt. Kieselsäure, Chassigny (nach Damour, Compt. rend. 1862 t. 4 p. 591) nur 35,2; Shalka (der Typus des Shalkits) hingegen 57,6 Kieselsäure; für Bishopville (Chladnit) schwanken die Angaben des Gehalts an Kieselsäure zwischen 70,4 Shepard und 57,5 Rammelsberg. Mit dem Eukrit von Juvinas, dessen Kieselsäure-Gehalt zwar 48,3, also nahe wie in obiger Analyse, lässt sich unser abnormer Pultusk nicht vergleichen, wie schon das Fehlen der Kalkerde und die sehr geringe Menge der Thonerde erweist. Ogleich fast ohne Nickeleisen und ohne Kugelbildung können wir den untersuchten Stein doch nur zu den Chondriten stellen.

Es bietet sich nun die schwierige, leider noch nicht mit völliger Sicherheit zu lösende Frage dar: aus welchem Mineral oder aus welchem Mineralgemenge bestehen die Silicate der Pultusker Steine, nachdem wir erkannt haben (was der Augenschein kaum erwarten liess), dass die Mineraltheile des abnormen Steins sich nicht wesentlich von dem normalen Pultusk unterscheiden.

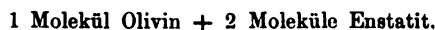
Beide Analysen (jene der normalen Steine nach Abzug des Magnetkies etc.) entsprechen sehr nahe einer Mischung, welche aus der Formel $4\text{RO}, 3\text{SiO}_2$ oder $\text{R}_4\text{Si}_3\text{O}_{10}$ folgt, worin $\text{R} = \text{Mg}$ und Fe (Mn) . Beide Analysen weisen im

1) Die Natriumlinie dauernd glänzend. Calcium β nur unbestimmt. Kalium gar nicht vorhanden. Dr. Bettendorf.

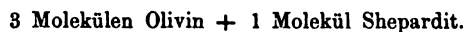
Vergleiche zu der aus jener Formel folgenden Mischung einen kleinen Ueberschuss an Kieselsäure auf, welchen man als gebunden an Thonerde, Natron (Kalk) annehmen kann. Jene Formel entspricht indess keinem bekannten Mineral und auch die mineralogische Untersuchung (namentlich die der gewöhnlichen Pultusker Steine, in denen neben Olivin noch ein zweites Silicat hervortritt) verwehrt die Annahme eines einzigen, wesentlich unsere Steine konstituierenden Silicats. Wir sehen uns deshalb genöthigt jene Mischungen herzuleiten aus einem Gemenge zweier Magnesiasilicate, von denen eines, der Olivin, bereits durch die mineralogische Untersuchung gegeben ist. Bekannt sind drei Silicate der Magnesia:



Es ist nun einleuchtend, dass wir vom rein chemischen Gesichtspunkte aus die der obigen Formel $4\text{RO}, 3\text{SiO}_2$ entsprechende Mischung der Pultusker Silicate in gleicher Weise erhalten durch



sowie durch ein Gemenge von



Zu welcher von diesen beiden allein möglichen Annahmen wir uns entscheiden müssen, kann nicht zweifelhaft sein.

Der Enstatit ist bisher noch nie in irgend einem Meteoriten nachgewiesen worden, selbst kein anderes Mineral der Augit-Gruppe in der so zahlreichen Klasse der Chondrite. Der hypothetische meteorische Enstatit müsste in der Silicat-Verbindung in doppelter Menge vorhanden sein, wie der Olivin, dieses einzige bisher mit aller Bestimmtheit in den Chondriten nachgewiesene Silicat. Deshalb erscheint die erstere jener beiden Combinationen als höchst unwahrscheinlich. —

Die zweite Combination, 3 Mol. Olivin + 1 Mol. Shepardit, hat sogleich den Vortheil, dass sie $\frac{3}{4}$ der Magnesia- (resp. der Eisenoxydul-)Menge dem bekannten Mineral und nur $\frac{1}{4}$ derselben dem weniger bekannten Shepardit zuweist. Erinnern wir uns ferner, dass nach den genauesten mineralogischen Untersuchungen und Folgerungen G. Rose's der Chassignit wesentlich nur aus Olivin besteht, der Chladnit (Bishopville) vorzugsweise aus Shepardit, der Shalkit ein Gemenge von 1 Mol. Olivin und 2 Mol. Shepardit darstellt, so hat die Annahme derselben Mineralien nur mit andern Verhältnissen

in den Steinen von Pultusk, ja wohl überhaupt verbreitet in den Chondriten, gewiss einen hohen Grad von Wahrscheinlichkeit.

Die Meteoriten — nicht ganz unähnlich irdischen Gesteinen und doch in ihrer grossen Mehrzahl von ihnen so sehr verschieden — verrathen Bedingungen der Gesteinsbildung, wie sie in der uns bekannten Erdrinde niemals vereinigt waren. Jene kosmischen Körper, welche kein neues Element der Erde zuführten, zum grössten Theile aus irdischen Mineralien gemengt sind, leiten unsere Blicke von der Erde hinweg in die mit unzählbaren, steinernen und eisernen Körpern erfüllten Räume des bewegungsreichen Sonnensystems. Wenn einerseits die Meteoriten zu beweisen scheinen, dass unser Planetensystem oder wenigstens eine gewisse Sphäre dieses Systems von gleichen Elementarstoffen erfüllt ist, so erhalten wir andererseits durch jene wunderbaren Körper — seien sie nun uranfängliche Gebilde oder Trümmer eines zerbrochenen Planeten — vielleicht einen Fingerzeig in Bezug auf die Constitution des uns ewig verborgenen Erdinnern, dessen hohe specifische Schwere noch unerklärt ist.

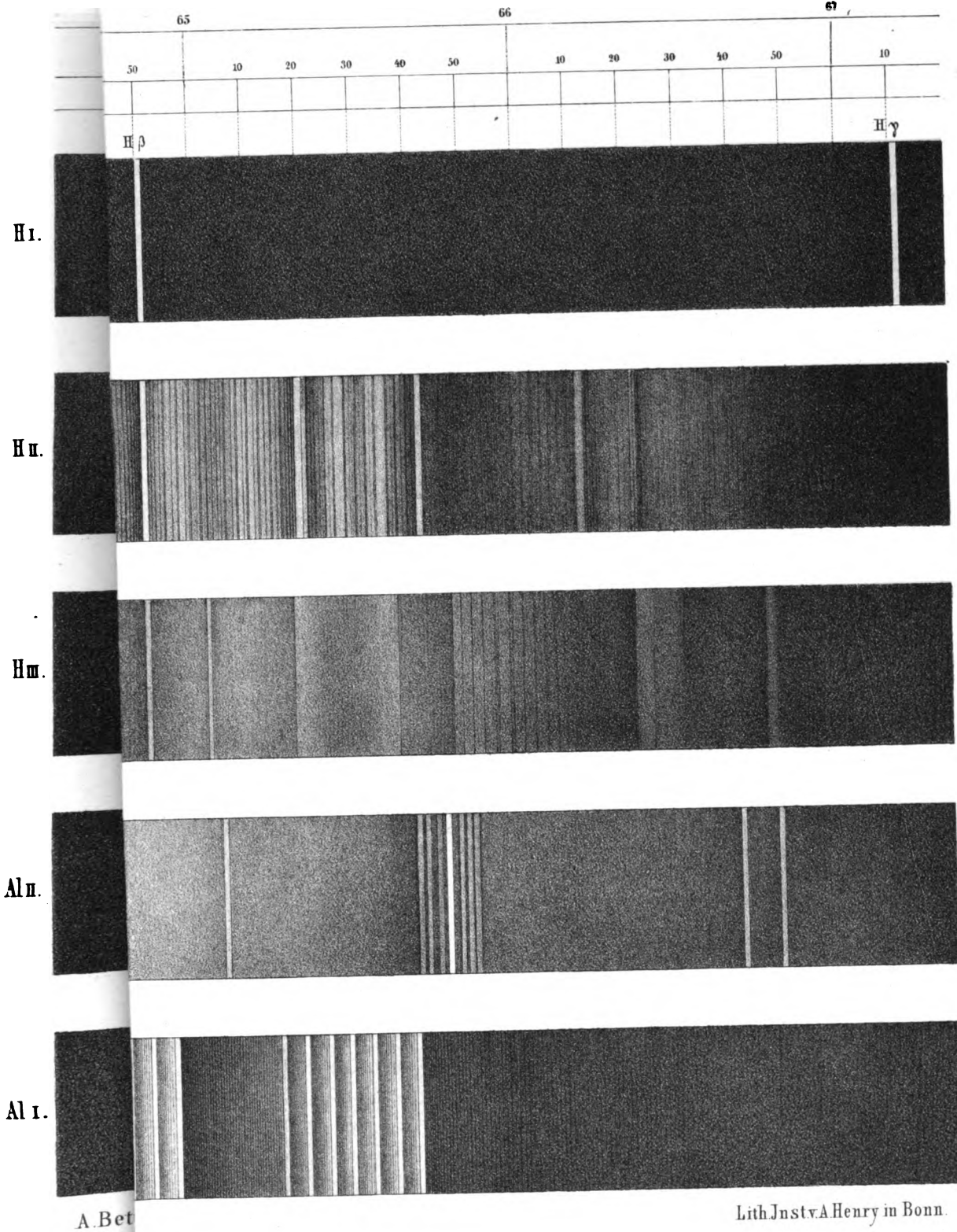
Inhaltsverzeichniss.

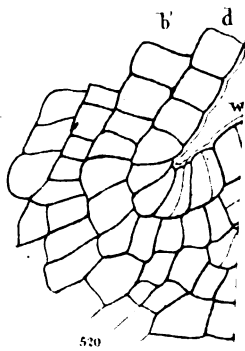
	Seite
Crustulum gratulans, eine neue Gattung aus der Scutellen-Familie. Von Dr. F. H. Troschel.	
Hierzu Tafel I	1
Ueber die Spectra des glühenden Wasserstoffs. Von Dr. A. Wüllner. Hierzu Tafel II.	7
Ueber die Grenzen des Empfindungsvermögens und des Willens. Von Dr. W. Preyer	23
Erörterung der Möglichkeit, ein gegebenes System gewöhnlicher Differentialgleichungen vollständig zu integriren. Von Dr. R. Lipschitz	45
Ueber die Urform des menschlichen Schädels. Von Dr. Hermann Schaaffhausen	59
Zur Casuistik des Delirium acutum. Von Dr. C. R. Hertz	85
Ueber das Ammonium-Amalgam. Von Dr. H. Landolt	103
Die Scheitelzellgruppe im Vegetationspunkt der Phanerogamen. Von Dr. J. Hanstein. Hierzu Tafel III	109
Ueber die Meteoriten von Pultusk im Königreich Polen, gefallen am 30. Januar 1868. Von Dr. G. vom Rath. Hierzu Tafel IV	135



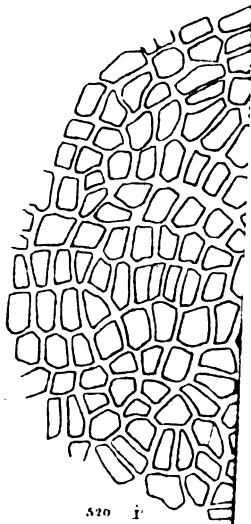
Paul Tr

Tafel II.





520



520 I

300

