Physik und physikalische Chemie.

Allgemeines.

Ausgleichungsrechnung.

Von Paucker (1) sind zwei Aufsätze über Ausgleichungsrechnung erschienen. Der erste ist bestimmt zu zeigen, dafs der mittlere Fehler eines Mittels durch die Ausgleichung allein zu niedrig gefunden wird. Der zweite giebt ein abgekürztes Verfahren an, eine gewisse Zahl von Mittelwerthen aus einer Zahl von Beobachtungen in dem Falle zu finden, wenn der Unterschied beider Zahlen beträchtlich geringer ist, als die Anzahl der zu findenden Mittel. Statt, wie gewöhnlich, zuerst die Mittel zu bestimmen und durch sie die Beobachtungen auszugleichen, werden hier zuerst die Beobachtungen ausgeglichen und aus den ausgeglichenen Beobachtungen die Mittel berechnet.

Anwendung derselben auf Mafsvergleichung.

Paucker (2) hat ferner sehr ausführliche Ausgleichungsrechnungen zur Bestimmung des Verhältnisses der verschiedenen angenommenen Normalmafse vorgenommen. Er geht davon aus, dafs eine zuverlässige Fixirung der französischen Normalmafsstäbe gar nicht existire und der mittlere Yard der messingenen Mafsröhre der astronomischen Gesellschaft zu London das einzige fest bestimmte wissenschaftliche Mafs sei. Er nennt diesen den *astronomischen*

(1) Petersb. Acad. Bull. X, 233 u. 234. — (2) Petersb. Acad. Bull. X, 209.

Anwendung der Ausgleichungsrechnung auf Maſsvergleichung.

Yard, den 36ten Theil desselben einen astronomischen Zoll und denkt sich letzteren in 100·000 Theile getheilt. — Für die Ausdehnung der an den Maſsstäben vorkommenden Metalle durch die Wärme hat er, um nicht nur die Fehler der Beobachtung, sondern auch die constanten Fehler der Methoden auszugleichen, aus zahlreichen Beobachtungen folgende Mittelwerthe berechnet, gültig für 10° C.:

Eisen	25 Bestimmungen	0,00011612	Mittl.	Fehler	0,000001059
Messing	17 „	0,00018715	„	„	0,000001203
Platin	5 „	0,000091425	„	„	0,000003042

Verglichen mit dem astronomischen Yard findet Paucker die folgenden Werthe für eine Anzahl anderer Normalmaſse:

Astronomischer Yard . . .	36,0000000	astron.	Zoll
Dänischer Yard	35,9997289	„	„
Russischer Yard	36,0000478	„	„
Englischer Reichs-Yard . . .	35,9995725	„	„
Englischer Strichmeter nach Kater (1)	39,3691295	„	„
„ „ nach Baily .	39,3689658	„	„
Französischer Strichmeter nach Kater	39,3698220	„	„
„ „ nach Baily	39,3696583	„	„
Englischer Flächenmeter nach Kater	39,3698463	„	„
„ „ nach Baily	39,3694035	„	„

Molecularwirkungen. Capillaritätserscheinungen.

E. Bède hat der Königl. Belgischen Academie eine experimentelle Arbeit über die Capillarsenkung des Quecksilbers und die Capillarerhebung des Wassers vorgelegt, über welche sich Plateau (2) in anerkennender Weise ausspricht. Die Depression des Quecksilbers wurde in Glasröhren von 0,073 bis 5^{mm},028 Weite gemessen; die Messungen zeigten von den kleinsten Durchmessern bis zu dem von 1^{mm} eine sehr befriedigende Uebereinstimmung mit dem durch die Theorie gerechtfertigten Gesetze des umgekehrten Verhältnisses der Durchmesser. — Bei dem Wasser dagegen,

(1) Bei der Vergleichung der Meter mit dem Yard sind erstere bei 0°, das letztere bei $16^{2}/_{3}$° Temp. angenommen. — (2) Instit. 1852, 379.

dessen Erhebung in Röhren von 0,094 bis $5^{mm},028$ beobachtet wurde, zeigten sich kleine Abweichungen von jenem Gesetze, von ganz ähnlicher Art, wie sie sich aus den Versuchen Simon's (1) ergeben haben; d. h. das Product der gehobenen Säule mit dem Durchmesser des Rohrs nahm bei abnehmender Weite des letzteren um ein Geringes zu. Diese Anomalie hat Plateau auf folgende Art mit der Theorie in Uebereinstimmung zu bringen gesucht. Es ergiebt sich als unmittelbare Folgerung aus der Theorie, dafs die Höhe der Säule, welche in einem sehr engen, zuvor benetzten Rohr aufgestiegen ist, im umgekehrten Verhältnisse zum Radius der hohlen Halbkugel steht, welche die Wassersäule oben begrenzt. Diese Halbkugel lehnt sich aber unmittelbar nicht an die Röhrenwand, sondern an die flüssige Schicht, womit die Innenfläche des Rohrs auch oberhalb der Säule benetzt ist. Ihr Radius ist daher augenscheinlich um die Dicke der benetzenden Schicht geringer als derjenige des Rohrs. So klein immerhin diese Dicke sein mag, so ist sie doch nicht ganz verschwindend und mufs sich folglich bei zunehmender Enge der Röhre mehr und mehr geltend machen. Betrüge sie auch nur ein Tausendtel Millimeter, so genügt diefs, wie Plateau findet, um die von Bède gemessenen Capillarerhebungen mit der Theorie in Einklang zu bringen. Capillaritätserscheinungen.

Man wird sich der Versuche erinnern, welche Danger (2) angestellt hat, um die Kuppe des Quecksilbers in Glasröhren, die von diesem flüssigen Metalle enthalten, in einen Cylinder von gleicher Grundfläche zu verwandeln. E. Desains (3) giebt nun an, dafs die Höhe m des dem Meniskus gleichen Cylinders ganz allgemein durch die einfache Relation $m = \frac{a^2 \cos \omega}{\alpha} - h$ bestimmt ist. ω bedeutet den Winkel, den die Oberfläche der Flüssigkeit

(1) Vgl. Jahresber. f. 1851, 4. — (2) Vgl. Jahresber. f. 1847 u. 1848, 14. — (3) Compt. rend. XXXIV, 765; Pogg. Ann. LXXXVI, 491.

Capillaritätserscheinungen.

mit der Röhrenwand bildet, α den Radius des Rohrs, a^2 eine Constante, daher der Ausdruck $\frac{a^2 \cos \omega}{\alpha}$ die Hebung oder Senkung der Flüssigkeit in einem sehr engen Rohr; h ist die Hebung oder Senkung des Scheitels der krummen Fläche über oder unter das äufsere Niveau. Desains prüfte die Brauchbarkeit dieser Formel, indem er h mit Hülfe der La Place'schen Formeln aufsuchte und m daraus ableitete. Die Uebereinstimmung der Rechnung mit den Versuchen Danger's war so befriedigend, dafs Desains hierauf dieselbe Formel benutzte, um die folgende Berichtigungstafel zur Bestimmung des Volums gasförmiger Körper, welche über Wasser abgeschlossen sind, zu entwerfen:

α	m	α	m	α	m	α	m	α	m
1	0,317	5	1,140	9	1,244	13	1,041	25	0,603
2	0,607	6	1,252	10	1,193	14	0,992	30	0,504
3	0,839	7	1,365	11	1,142	15	0,945		
4	0,998	8	1,299	12	1,091	16	0,744		

α und m sind in Millimetern ausgedrückt.

Hat man ein Gas in einem graduirten Rohr von bekannter Weite α über Wasser bis zum Scheitelpunkte der Flüssigkeit gemessen, so ist von dem abgemessenen Volume ein Gascylinder von der Weite des Rohrs und der Höhe m abzuziehen.

Für getheilte Röhren unter 2 Centimeter Durchmesser läfst sich diese Berichtigung nach Desains hinreichend genau dadurch bewerkstelligen, dafs man sieht, wie viele Abtheilungen die Höhe des Meniskus einnimmt, davon ein Drittel nimmt und vom Gasvolum abzieht.

Verdichtung der Gase an Glas.

Chiozza (1) hat einen Apparat beschrieben, den er für brauchbar hält, um den Coëfficienten der durch Berührung gasförmiger Körper mit Glas bewirkten Verdichtung zu bestimmen. Resultate zur Mittheilung geeignet konnte er selbst damit nicht erlangen.

---

(1) Rev. scientif. industr. [4] I, 113.

Atomenlehre. Krystallisation und Krystallbildung.

Brame (1) hat seine Untersuchungen über den Utricularzustand der Materie (2) fortgesetzt. — Derselbe (3) hat die von Daniell (4) und andern längst gemachten Beobachtungen wiederholt, dafs bei unvollständiger Einwirkung eines Lösungsmittels auf Krystalle das übrig Bleibende theils nach den Spaltungsrichtungen Reifen und Vertiefungen zeigt, theils eine der Hauptformen des Systems, zu welchem die Substanz gehört, deutlich annimmt; er bezeichnet diese Erscheinung als *Spaltung auf nassem Wege.* — Er theilt ferner (5) die Resultate mit, welche er in dieser Beziehung durch Einwirkung verdünnter Flufssäure auf Granat erhielt, wo den Kanten (des Dodekaëders?) parallele Streifen sich zeigten. Bei Einwirkung einer Mischung von Flufsspath und Schwefelsäure oder von Flufssäuredämpfen auf Glas bildeten sich nach innen ausgezackte Ringe, deren Mittelpunkt durch eine kleine Vertiefung oder Erhöhung bezeichnet war, Streifen und Unebenheiten (vgl. bei Glas in dem Bericht über unorganische Chemie). Bei Einwirkung von wässerigem Kali auf Spinelle zeigten sich Spaltungsrichtungen (in welchem Sinne?) angedeutet, und einige undurchsichtige wurden durchsichtig; auch mittelst Flufssäure liefsen sich auf Spinellen Spaltungsrichtungen andeuten. Durch unvollständige Einwirkung von Schwefelkohlenstoff auf rhombische Schwefelkrystalle habe er aus diesen quadratische Tafeln erhalten.

G. Duvernoy (6) hat Untersuchungen über die ausdehnende Wirkung der Krystallisationskraft mitgetheilt. Durch viele Versuche wird er zu dem Schlufs geführt, eine grofse Anzahl von Körpern, welche krystallinische Structur annehmen können, könne bei sehr langsamem Uebergang aus dem geschmolzenen in den festen Zustand sich, mit

(1) Instit. 1852, 192. 207. — (2) Vgl. Jahresber. f. 1849, 11; f. 1851, 313 f. — (3) Instit. 1852, 232. — (4) Vgl. L. Gmelin's Handb. d. Chemie, 4. Aufl., I, 19. — (5) Compt. rend. XXXV, 666; Instit. 1852, 350. — (6) Jahrb. Miner. 1852, 781.

Krystallisation und Krystallbildung.

Beibehaltung der flüssigen Form, bis zu einem Grade zusammenziehen und eine Dichtigkeit erreichen, welche die des krystallinisch-festen Zustands übersteige, so dafs bei dem Uebergang in den letzteren Ausdehnung eintrete. Zwischen wesentlicher Vergröfserung der Raumerfüllung beim Erstarren (Verringerung des specifischen Gewichts) und zufälliger (durch die Art, wie die sich bildenden Krystalle sich aneinander lagern und welche Zwischenräume sich zwischen ihnen bilden) ist nicht so genau unterschieden, wie es nöthig wäre. — Duvernoy fand auch bestätigt, dafs bei vielen Auflösungen von Salzen das Volum der Lösung kleiner ist, als das Volum des Salzes und des Wassers vor der Lösung zusammengenommen.

Payen (1) empfiehlt zur Darstellung grofser Krystalle einen Circulirapparat, in dessen einem Theil das Auflösungsmittel erwärmt wird, sich mit dem zu lösenden Körper sättigt, und in Folge der durch die Erwärmung selbst hervorgebrachten Strömung (ähnlich wie bei den Apparaten für Heizung mit warmem Wasser) in einen kälteren Theil des Apparats fliefst, wo der aufgelöste Körper theilweise in Krystallen abgeschieden wird; die Flüssigkeit kommt dann wieder in den wärmeren Theil, u. s. f.

Becquerel (2) hat die Nachbildung krystallisirter Mineralien durch die Einleitung langsam vor sich gehender chemischer Einwirkungen, namentlich durch electrochemische Wirkung, untersucht. Die von ihm angewendeten Methoden hat er zum Theil schon früher (3) beschrieben; er hebt jetzt namentlich folgende hervor. — Eine Auflösung von Kieselsäure oder Thonerde in Kali oder Natron läfst man in einem verschlossenen Gefäfse auf ein galvanisches Element

(1) Compt. rend. XXXIV, 578; Instit. 1852, 122; J. pr. Chem. LVI, 319; Pharm. Centr. 1852, 383. — (2) Compt. rend. XXXIV, 29; Instit. 1852, 27; J. pr. Chem. LV, 337; im Ausz. Ann. Ch. Pharm. LXXXIV, 199; Pharm. Centr. 1852, 150; Phil. Mag. [4] III, 235. — (3) Compt. rend. XX, 1509.

einwirken, das aus einem oxydirbaren Metall und einem darum gewundenen Kupfer- oder Platindraht besteht. Auf amalgamirtem, mit Kupferdraht umwundenem Zink bilden sich so kleine Reguläroctaëder von Zinkoxydhydrat ZnO,HO; auf mit Kupferdraht umwundenem Blei bilden sich grünliche (ein gelbliches Pulver gebende), durchsichtige Krystalle von wasserfreiem Bleioxyd, welche nach Becquerel sich wahrscheinlich von einem geraden rhombischen Prisma ableiten. — Nach siebenjähriger Einwirkung von Schwefelblei (Bleiglanz) auf eine Lösung von schwefels. Kupferoxyd und Chlornatrium hatten sich abgeschieden: Chlornatrium in grofsen Krystallen; Chlorblei in schwach-gelblichen Nadeln und Würfeln; schwefels. Bleioxyd in denen des natürlichen Bleivitriols ähnlich geformten Krystallen; eine Verbindung von schwefels. Bleioxyd mit Chlorblei in Nadeln; basisches Chlorblei in mikroscopischen Krystallen; unkrystallinisches schwarzes Schwefelkupfer; je nach dem Zusammensetzungsverhältnifs und der Concentration der Lösung bildete sich die eine oder die andere dieser Substanzen vorzugsweise. — Aus einer mit schwefels. Kupferoxyd und Chlornatrium gesättigten und dann mit dem dreifachen Volum Wasser verdünnten Lösung, in welche ein mit Platindraht umwundenes Stück Bleiglanz eintauchte, hatte sich nach 7 Jahren eine beträchtliche Menge Chlorblei in Würfeln abgeschieden; auf einem in dieselbe Flüssigkeit gebrachten Stück zweifach-basisch-kohlens. Kupferoxyd (Malachit) schieden sich ebenfalls solche Krystalle von Chlorblei aus. — In einer vor Luftzutritt nicht ganz geschützten gesättigten Lösung von kohlens. Natron und kohlens. Kupferoxyd, in welche eine mit Platindraht umwundene Bleiplatte eintauchte, oxydirte sich im Verlauf von 7 Jahren das Blei allmälig und das gelöste Bleioxyd wirkte auf das kohlens. Kupferoxyd ein, wobei sich Kupferoxydhydrat und kohlens. Bleioxyd (letzteres anscheinend in Formen des natürlichen Weifsbleierzes) ausschieden. — Auf Gypsplatten, die in schwache (2° Baumé) Lösung von zweifach-kohlens. Natron

Krystallisation und Krystallbildung.

Krystallisation und Krystallbildung.

eintauchten, setzten sich bald kleine rhomboëdrische Krystalle von Kalkspath ab (vgl. S. 9).

Becquerel bespricht weiter (1) zunächst nochmals den Einflufs electrischer Ströme auf die Bildung chemischer Verbindungen. Ist eine dünne Eisenscheibe, auf welcher eine Spirale von Kupfer- oder Platindraht liegt, bei nicht ganz abgehaltener Luft mit Chlornatriumlösung eben überdeckt, so scheidet sich an der Spirale bald kohlens. Natron in rhombischen Prismen aus; in ähnlicher Weise können die kohlens. Salze von Kali und mehreren Erden erhalten werden. — Wirkt, unter Mitwirkung von kohlens. Gas, eine Lösung von phosphors. Ammoniak auf Kalkstein ein, so bilden sich auf dem letzteren gerade-rhombische, an den Enden durch 2 Flächen begrenzte Krystalle $2CaO,PO_5,4HO$. Eine Lösung von salpeters. Bleioxyd oder Chlorblei giebt bei monatelangem Einwirken auf Kalkstein krystallisirtes kohlens. Bleioxyd. Wirkt eine Lösung von salpeters. Kupferoxyd (von 12 bis 15° Baumé) auf Kalkstein ein, so entwickelt sich Kohlensäure, salpeters. Kalk löst sich, und basisch-salpeters. Kupferoxyd setzt sich in den Poren des Kalksteins in hellgrünen Krystallnadeln ab; letzteres wird bei nachherigem Eintauchen des Kalksteins in eine Lösung von zweifach-kohlens. Natron (von 5 bis 6° Baumé) im Lauf einiger Tage zu grünem basisch-kohlens. Kupferoxyd (Malachit), bei längerem Eintauchen zu einem himmelblauen Doppelsalz von kohlens. Kupferoxyd und kohlens. Natron; beim Eintauchen in verdünnte Lösung von kohlens. Kali wird das basisch-salpeters. Kupferoxyd zu, dem Kalkstein fest anhängenden und sich an der Luft nicht verändernden, feinen blauen Krystallen von Kupferoxydhydrat CuO,HO. — Bei mehrmonatlicher Einwirkung einer gesättigten Lösung von schwefels. Kupferoxyd auf porösen Kalkstein scheiden sich auf letzterem neben schwefels. Kalk auch

(1) Compt. rend. XXXIV, 573; Instit. 1852, 121; J. pr. Chem. LVI, 471; im Ausz. Ann. Ch. Pharm. LXXXIV, 201; Pharm. Centr. 1852, 391.

kleine hellgrüne, dem Brochantit ähnliche, krystallinische Warzen von vierfach-basisch-schwefels. Kupferoxyd aus, welche durch eine Lösung von zweifach-kohlens. Natron zu zweifach-basisch-kohlens. Kupferoxyd (Malachit) werden. — Während bei der Einwirkung einer schwachen Lösung von zweifach-kohlens. Natron auf Gyps sich Kalkspath bildet (S. 7 f.), scheidet sich bei Anwendung stärkerer Lösung von zweifach-kohlens. Natron (von 5 bis 6° Baumé) der kohlens. Kalk in der Form des Arragonits ab. — Bei mehrmonatlicher Einwirkung von Kalilösung von 10° Baumé auf Gyps in einem unvollständig verschlossenen Glase schied sich kohlens. Kalk mit krystallinischer Textur ab. Krystallisation und Krystallbildung.

Manrofs (1) hat unter Wöhler's Leitung Versuche über die künstliche Erzeugung krystallinischer Mineralien angestellt. *Schwefels. Baryt* erhielt er durch Zusammenschmelzen von 12 Grm. einfach-schwefels. Kali mit 52 Grm. wasserfreiem Chlorbaryum in einem gut verschlossenen Tiegel; bei Behandlung der erkalteten Masse mit Wasser blieb ein krystallinischer Sand zurück, dessen einzelne Theile schon dem blofsen Auge als Schwerspath kenntlich waren; das spec. Gew. (4,179), die Krystallform und Zusammensetzung stimmten mit denen des natürlich vorkommenden Schwerspaths überein. — In gleicher Weise wurde durch Zusammenschmelzen von schwefels. Kali mit überschüssigem Chlorstrontium *schwefels. Strontian* krystallisirt erhalten, theilweise in kreuzförmig verwachsenen Krystallen, von derselben Form und spec. Gew. (3,927), wie der natürliche Cölestin. — Das Zusammenschmelzen von schwefels. Kali mit überschüssigem Chlorcalcium gab ebenso *wasserfreien schwefels. Kalk* in Krystallen mit dem spec. Gew. (2,969) und der Spaltbarkeit des natürlich vorkommenden Anhydrits. Dasselbe Mineral wurde bei einem erfolglosen Versuch,

(1) Aus seiner Dissertation : Experiments on the artificial production of crystallized Minerals, Göttingen 1852, in Ann. Ch. Pharm. LXXXII, 348; im Ausz. J. pr. Chem. LVIII, 55; Pharm. Centr. 1852, 726.

Krystallisation und Krystallbildung.

Boracit durch Zusammenschmelzen von bors. Natron, Chlorcalcium und schwefels. Magnesia darzustellen, erhalten. — Zur Nachbildung des *Apatits* wurde vom Krystallwasser befreites phosphors. Natron mit einem Ueberschufs einer Mischung von Chorcalcium und Flufsspath geschmolzen; die erhaltene Masse war voll von durchsichtigen dünnen langen Krystallen, die in Essigsäure unlöslich waren, aber von dem überschüssigen Flufsspath nicht getrennt werden konnten; die Krystalle waren hexagonale Prismen mit Pyramiden, deren in einem Endeck sich gegenüberstehende Flächen unter 68°15′ zu einander geneigt waren. Dünne sechsseitige Nadeln bildeten sich auch, als Flufsspath allein mit phosphors. Natron zusammengeschmolzen wurde. Zusammenschmelzen von phosphors. Natron mit der 5fachen Menge Chorcalcium gab eine Masse, welche nach dem Uebergiefsen mit Wasser ein krystallinisches Pulver hinterliefs, das hauptsächlich aus hexagonalen Prismen bestand; die Krystalle waren hexagonale Prismen, theils mit der Endfläche, theils mit einer Pyramide begrenzt, deren Flächen zu denen des Prismas unter 129°7′ geneigt waren; das spec. Gew. war 3,054; die Zusammensetzung entsprach der Formel $3(3\,CaO, PO_5) + 2\,CaCl$. — Zur Darstellung von *Pyromorphit* wurde dreibasisch-phosphors. Natron mit der 7fachen Menge Chlorblei in verschlossenem Tiegel zusammengeschmolzen, die Masse im Ofen langsam erkalten gelassen und etwas über dem Schmelzpunkt des Chlorbleis das noch Flüssige vom Erstarrten abgegossen. Das Innere war drusenartig mit langen, lichtgelben, durchsichtigen, glänzenden hexagonalen Prismen ausgekleidet, die von hexagonalen Pyramiden begrenzt waren; die Pyramidenflächen waren zu den Prismenflächen unter 130°23′ geneigt; die Endfläche zeigte sich nicht; das spec. Gew. war 7,008; vor dem Löthrohr geschmolzene Krystalle nahmen beim Erstarren polyëdrische Form an. Von Chlorblei, welches manchmal in den Krystallen einen Kern bildete, befreite Krystalle ergaben sehr nahe die Zusammensetzung $3(3\,PbO, PO_5) + PbCl$. — Fein pulverisirter

Wolfram mit hinreichend viel Chlornatrium geschmolzen, bei solcher Hitze, dafs der gröfste Theil des Chlornatriums verdampfte, wurde wieder krystallinisch; er bildete am Boden des Tiegels eine dunkle Schichte von körnigen und blätterigen Krystallen, in der Zusammensetzung nahezu entsprechend der Formel $\left.\begin{matrix}FeO\\MnO\end{matrix}\right\}WO_3$. — *Wolframs. Kalk* (Scheelit, Tungstein) wurde gleichfalls krystallisirt erhalten (1), in manchmal zu Nadeln aneinander gereihten quadratischen Pyramiden. — *Wolframs. Bleioxyd* (Scheelbleierz) wurde erhalten durch Schmelzen von wolframs. Natron mit der 4,7 fachen Menge Chlorblei in verschlossenem Tiegel; die erkaltete dunkelgrüne Masse zeigte in zahlreichen Höhlungen durchsichtige, farblose, glänzende Krystalle, und der Rückstand nach dem Auskochen der Masse mit Wasser bestand gänzlich aus solchen, öfters grün gefärbten Krystallen; dieselben waren quadratische Pyramiden von 99°46′ Polkantenwinkel, dem spec. Gew. 8,232 bis 8,238; die Zusammensetzung war nahezu PbO, WO_3. — *Molybdäns. Bleioxyd* (Gelbbleierz, Bleigelb) liefs sich leicht erhalten durch Zusammenschmelzen von 4 Grm. neutralem molybdäns. Natron mit 24 Grm. Chlorblei in verschlossenem Tiegel; die erkaltete Masse zeigte viele, bis 2 Millimeter grofse, hellgelbe, fast durchsichtige Krystalle, quadratische Pyramiden (von 99°43′ Polkantenwinkel) mit der Endfläche, von 6,811 spec. Gew. und der Zusammensetzung PbO, MoO_3. — *Chroms. Bleioxyd* (Rothbleierz) bildete sich beim Schmelzen von einfachchroms. Kali und Chlorblei bei starker Hitze; es bedeckte

Krystallisation und Krystallbildung.

(1) Die Krystallisation des wolframs. Kalks beschrieb Manrofs schon früher (Ann. Ch. Pharm. LXXXI, 243; Instit. 1852, 188). Bei dem Schmelzen von wasserfreiem wolframs. Natron mit überschüssigem Chlorcalcium bei mäfsiger Glühhitze und Auslaugen der erkalteten Masse mit Wasser bleibt wolframs. Kalk als schweres krystallinisches schimmerndes Pulver zurück, das bei geringer Vergröfserung betrachtet quadratische Pyramiden (Grundkantenwinkel 130° 20½′) und Combinationen derselben zeigt; das spec. Gew. wurde = 6,076, der Kalkgehalt entsprechend der Formel CaO, WO_3 gefunden.

Krystallisation und Krystallbildung.

den Boden des Tiegels als Gruppe glänzender, tiefrubinrother prismatischer Krystalle (nahezu regulär-hexagonaler Prismen). Als der das chroms. Kali und Chlorblei enthaltende Tiegel in einen vorher stark erhitzten, bis zum schwachen Rothglühen erkalteten Ofen gebracht wurde und darin langsam erkaltete, zeigte sich die Masse unten grün und oben roth gefärbt, und mit durchsichtigen Krystallen erfüllt, welche die Farbe des natürlichen Rothbleierzes besafsen und, vom anhängenden Chlorblei durch Kochen mit Wasser befreit, 6,118 spec. Gew. und die Zusammensetzung PbO, CrO_3 hatten. — *Schwefels. Bleioxyd* (Bleivitriol, Vitriolbleierz) schied sich nach dem Schmelzen von schwefels. Kali und Chlorblei bei dem Auskochen mit Wasser als weifses, schweres, bei geringer Vergröfserung tafelförmige Krystalle von der Form des natürlich vorkommenden Minerals zeigendes Pulver aus. Als in einem Becherglas Lösungen von schwefels. Kali und Wasser über einander geschichtet und einige Grm. Chlorblei an einen Platindraht geschmolzen in das Wasser getaucht wurden, schied sich nach längerem Stehen hauptsächlich an dem Chlorblei schwefels. Bleioxyd in tafelförmigen Krystallen von 1 bis 2 Millim. Länge und der Form des Bleivitriols aus.

Hausmann (1) hat neue Beiträge zur metallurgischen Krystallkunde (2) mitgetheilt. Sie betreffen die Bildung von *Kupferkies* (in quadratischen Pyramiden) bei der Röstung von Kupfererz auf der Ockerhütte bei Goslar; von *Magneteisen* (in Octaëdern) bei dem Rösten von Bleistein daselbst; von *Eisenchrysolith* auf der Schlacke vom Kupfererz-Schmelzen daselbst; von *Antimonnickel* (in hexagonalen Nadeln) in einer porösen antimonhaltigen bleiischen Masse, die sich auf dem Stichheerde eines Clausthaler Schliechofens ausgesondert hatte.

(1) Nachrichten der Gesellsch. d. Wissensch. zu Göttingen, 1852, Nr. 12, S. 177; Pharm. Centr. 1852, 793; Instit. 1853, 17. — (2) Ueber frühere Mittheilungen desselben vgl. Jahresber. f. 1850, 26; f. 1851, 752. 767.

Krystallographie.

Gümbel (1) hat Betrachtungen über die verschiedenen am Würfel (für welchen er rhomboëdrische Stellung in vielen Fällen für die richtigere hält) möglichen Schnitte und die so construirbaren Formen veröffentlicht, und Beobachtungen über das Auftreten dieser Formen bei Krystallisationen unter dem Mikroscop; er hofft, für die Betrachtung der Formen, die verschiedenen Systemen angehören, auf diese Art einen gemeinsamen Ausgangspunkt zu gewinnen.

Dana (2) hat eine Abkürzung der Naumann'schen Bezeichnungsweise von Krystallflächen vorgeschlagen. In Naumann's krystallographischen Formeln läfst er das Zeichen P weg (Dana braucht diesen Buchstaben, um die Endfläche 0P zu bezeichnen), und giebt die Abänderungscoëfficienten zweier Axen, bezogen auf den Coëfficient der dritten Axe als Einheit (die in seinen Formeln nicht geschrieben wird). Folgende Beispiele verdeutlichen Dana's Vorschläge (D.) (das Zeichen ∞ ersetzt Dana durch o), verglichen mit Naumann's Schreibart (N.):

Regulär		Quadratisch		Rhombisch		Monoklinom.		Triklinom.		Hexagonal	
N.	D.	N.	D.	N.	D.	N.	D.	N.	D.	N.	D.
O	1	P	1	P	1	—P	—1	‚P	m	P	1
∞O∞	P	2P	2	∞P	o	∞P	o	P′	m′	2P	2
2O2	22	∞P	o	∞P̆∞	ŏo	½P∞	½o	,P	—m	4P2	42
3O⅔	3⅔	∞P∞	oo	2P̆∞	2̆o	P∞	1o	P,	—m′	R	1
u. s. w.		P∞	1o	P̆∞	1̆o	∞P∞	oo	∞P,′	o′	R³	1³
		4P4	44	2P̆2	2̆2̆	(∞P∞)	oo′	∞,′P	o	—2R	—2

Beziehungen zwischen Zusammensetzung und Krystallform.

Gaudin (3) hat seine Untersuchungen über die geheimsten Ursachen der Krystallformen fortgesetzt. Diese Fortsetzung läfst uns, wie im vorigen Jahre (4), an die früher (5) gegebenen Proben seiner Speculationen erinnern, und wir können darauf nicht ausführlicher eingehen. — Kühn (6) hat auf Scheerer's Beantwortung der Kritik

(1) Die fünf Würfelschnitte. Landau 1852. — (2) Sill. Am. J. [2] XIII, 399. — (3) Compt. rend. XXXIV, 168; im Ausz. Pharm. Centr. 1852, 251. — (4) Jahresber. f. 1851, 21. — (5) Jahresber. f. 1847 u. 1848, 29. — (6) Arch. Pharm. [2] LXIX, 29.

UNIVERSITÄTSBIBLIOTHEK
— Medizinische Abt. —
DÜSSELDORF

Beziehungen zwischen Zusammensetzung und Krystallform.

des ersteren über die Lehre vom polymeren Isomorphismus (1) entgegnet.

An Pasteur's (2) Ideen sich anlehnend, wonach für die beiden Modificationen dimorpher Substanzen Grundformen von nahezu denselben Axenverhältnissen anzunehmen wären, hat Ladrey (3) zu zeigen gesucht, dafs man für den Brookit und den Anatas Grundformen von nahezu denselben Axenverhältnissen annehmen und auch die Formen des Rutils annähernd aus der Grundform des Anatases ableiten könne; er betrachtet Pasteur's Idee auch als für die trimorphe Titansäure anwendbar.

Beziehungen zwischen spec. Gew. und Löslichkeit.

Kremers (4) hat Untersuchungen über die Beziehungen zwischen der Löslichkeit und dem specifischen Gewichte chemischer Verbindungen angestellt. Er glaubt zu finden, dafs bei Salzen mit demselben salzbildenden Element oder derselben Säure, namentlich bei den schwefels., salpeters. und chroms. Salzen, und wenn man die Salze der leichten Metalle nur unter sich, und eben so die Salze der schweren Metalle unter sich vergleicht, das specifisch schwerere Salz auch das schwerer lösliche sei. Noch allgemeiner, namentlich auch für die kohlens. Salze, und die meisten Chlor-, Brom- und Jodmetalle, zeige sich, dafs das specifisch schwerere Salz mehr Wasser zur Lösung brauche, wenn man die zur Lösung nöthige Menge Wasser nicht auf gleiche, sondern auf äquivalente Gewichtsmengen der Salze beziehe. Dieselbe Regelmäfsigkeit zeige sich im Allgemeinen, wenn man die verschiedenen Salze, welche ein und dasselbe Metall bilden kann, nach spec. Gew. und Löslichkeit unter einander vergleiche. Der Umstand, dafs sich viele Salze gewifs nicht im wasserfreien Zustand (für welchen doch das zur Betrachtung zu Grund gelegte spec. Gew. gilt, und auf welchen die Löslichkeitsangabe bezogen

(1) Vgl. Jahresber. f. 1851, 19. — (2) Vgl. Jahresber. f. 1847 u. 1848, 35. — (3) Compt. rend. XXXIV, 56; Instit. 1852, 9. — (4) Pogg. Ann. LXXXV, 37. 246.

ist), sondern in bestimmter chemischer Verbindung mit Wasser in Wasser lösen, ist hier nicht berücksichtigt. — Kremers hält sich für berechtigt, aus der von ihm aufgestellten Regelmäfsigkeit den Schlufs zu ziehen, ein bei solchen Temperaturen, wo die Löslichkeit gröfser ist, krystallisirtes Salz müsse ein geringeres spec. Gew. haben, als dasselbe bei Temperaturen geringerer Löslichkeit krystallisirte Salz, und führt als Beweis die Resultate einiger eignen Versuche an, wonach salpeters. Baryt, bei 14° krystallisirt, das spec. Gew. 3,240 bis 3,242, bei 100° krystallisirt das spec. Gew. 3,228 bis 3,222 (stets auf Wasser von 17°,5 bezogen) ergab; ferner schwefels. Natron, bei 60 bis 70° auskrystallisirt, das spec. Gew. 2,654 bis 2,658, bei 100° (wo es weniger löslich ist) krystallisirt das spec. Gew. 2,674 bis 2,684. — Als eine weitere Folge jener Regelmäfsigkeit betrachtet Kremers, dafs bei Zersetzungen durch doppelte Wahlverwandtschaft die Summe der spec. Gewichte der beiden ursprünglich angewendeten Salze im Allgemeinen kleiner sei, als die Summe der spec. Gewichte der beiden durch die Zersetzung resultirenden Salze; ebenso sei im *Allgemeinen die Summe der specifischen Volume* der beiden ersteren Salze gröfser, als die der beiden letzteren, und auch nach dieser Betrachtungsweise Verdichtung der Materie bei den Zersetzungen durch doppelte Wahlverwandtschaft das im Allgemeinen Stattfindende. Mittelst eines besondern, zur Nachweisung der bei Mischung von Salzlösungen eintretenden Volumveränderungen bestimmten Apparats (1) fand Kremers, dafs in der That

Beziehungen zwischen spec. Gew. und Löslichkeit.

(1) Eine Glaskugel communicirt durch eine enge Oeffnung mit einer andern, auf welche letztere eine Haarröhre aufgesetzt werden kann. Die beiden Glaskugeln lassen sich mit den Lösungen verschiedener Salze füllen, ohne dafs sich diese, wenn gerade an der engen Oeffnung eine Luftblase bleibt, vermischen. Beim Neigen des Apparats tritt Vermischung ein, und die Bewegung eines in der Haarröhre befindlichen Quecksilbertropfens zeigt die stattfindende Volumveränderung an.

Beziehungen zwischen spec. Gew. und Löslichkeit.

bei der Zersetzung zweier Salze durch doppelte Wahlverwandtschaft stets dann eine Volumverminderung eintrat, wenn kein unlösliches Salz herauskrystallisirte, und ferner dann, wenn das sich ausscheidende Salz wasserhaltig war; bei Ausscheidung eines wasserfreien Salzes zeigte sich stets Volumvermehrung, welche jedoch Kremers keineswegs als eine Expansion der Materie bei Umsetzung der Salze betrachtet. Wenn bei höheren Temperaturen, auf feurigflüssigem Wege, ein entgegengesetztes Verwandtschaftsresultat sich zeige, als bei niedrigerer Temperatur, auf nassem Wege, so zeige sich im ersteren Falle auch hinsichtlich der Veränderung in der Raumerfüllung das Entgegengesetzte, nämlich Volumvergröfserung; so zeige ein Gemenge von kohlens. Natron und schwefels. Baryt ein etwas gröfseres spec. Gew., als die beim Schmelzen desselben entstehende, gleichfalls wieder gepulverte Masse. — Kremers glaubt ferner, dafs bei der chemischen Vereinigung zweier Körper ein jeder seine besondere Verdichtung erleide, und zwar im umgekehrten Verhältnifs seiner eigenen Masse und im geraden der des gegenwirkenden Körpers; bei den schweren Metallen sei allerdings diese Verdichtung wenig erheblich, so dafs man bei ihren Verbindungen auf das spec. Volum des mit ihnen verbundenen Elements oder Atomencomplexes durch Subtraction des ursprünglichen spec. Volums des Metalls von dem spec. Volum der Verbindung schliefsen könne. Bei Ausführung dieser Berechnungen glaubt er zu finden, dafs im Allgemeinen bei Salzen mit derselben Säure oder demselben Salzbilder einer kleineren Zahl für das spec. Volum des mit den Metallen verbundenen Körpers eine geringere Löslichkeit des Salzes entspreche.

Wärmelehre. Wärmeentwickelung beim chemischen Processe.

Favre und Silbermann (1) haben begonnen, in umfassenden Publikationen ausführliche Kenntnifs ihrer mehr als zehnjährigen Arbeiten (2) über die mit molecularen Umänderungen verbundene Wärmeentwicklung zu geben. Die detaillirte Beschreibung ihrer zahlreichen und sehr vollkommen construirten Apparate können wir hier nicht wiedergeben, da nur Zeichnungen dieselbe hinreichend verständlich machen würden. Von den Resultaten der Untersuchung sind in diesen Berichten (3) schon mehrere Reihen mitgetheilt worden. Wir wollen im Folgenden diese Mittheilungen ergänzen und diejenigen Werthe wiederholt aufnehmen, welche durch gewisse Correctionen bei der letzten Redaction Aenderungen erfahren haben.

Die Verbrennung der Körper, deren Verbindungswärme mit Sauerstoff bestimmt werden sollte, geschah in einem Gefäfse aus vergoldetem Messingblech, welches in ein aus versilbertem Kupferblech bestehendes Wassercalorimeter eintauchte. Das Sauerstoffgas strömte trocken in den Verbrennungsbehälter ein, und die resultirenden Gase mufsten vor ihrem Austritt aus dem Calorimeter ein schraubenförmig gewundenes Rohr von dünnem Kupferblech durchströmen, so dafs sie sich vollständig auf die Temperatur des Calorimeterwassers abkühlten. Dieses Wasser, etwa 2 Liter an Volum, wurde durch eine besondere Vorrichtung in steter Bewegung und somit in der ganzen Masse auf gleichmäfsiger Temperatur erhalten. Das Calorimeter war noch von zwei ähnlichen weiteren Gefäfsen umgeben; der äufsere der hierdurch gebildeten Zwischenräume war mit Wasser, der innere, dem Calorimeter zunächst liegende mit Schwanenfell ausgefüllt, so dafs die

(1) Ann. ch. phys. [3] XXXIV, 357; XXXVI, 5. — (2) Compt. rend. XVIII, 695; XX, 1565 u. 1734; XXI, 944; XXII, 483. 823. 1140; XXIII, 199. 411; XXIV, 1081; XXVI, 595; XXVII, 56. 111. 158. 362; XXVIII, 627; XXIX, 449. — (3) Vgl. Jahresber. f. 1847 u. 1848, 52. 55; f. 1849, 23. 27.

Wärmeentwickelung beim chemischen Processe.

Ableitung nach Aufsen auf ein sehr geringes und völlig constantes Mafs, nämlich 0°,002 für 1° Temperaturunterschied des Calorimeterwassers und des äufseren Wassers, zurückgeführt war.

Die starren Körper wurden durch Einführung kleiner Stückchen brennender Kohle angezündet, die flüssigen Substanzen wurden in kleinen Lampen mit brennendem Asbestdochte, die Gase mit bereits brennendem Strahle in die Verbrennungskammer eingeführt. Die Kohle war über einem siebförmigen Boden aufgeschichtet, durch dessen Oeffnungen der Sauerstoff vielfältigen Zutritt hatte. Bei manchen schwer verbrennlichen Substanzen, wie z. B. bei Zuckerkohle, war es erforderlich, den Fortgang der Verbrennung durch zugesetzte Holzkohle zu sichern, deren Verbrennungswärme alsdann am Gesammtresultate in Abzug gebracht werden mufste.

Die Temperaturerhöhungen des Calorimeterwassers wurden in bestimmten, an einem Breguet'schen Chronometer bemessenen Zeitintervallen mittelst eines Kathetometers abgelesen, welches noch $\frac{1}{20}$ eines Millimeters angab, während ein Grad am Thermometer des Calorimeters eine Länge von 8 Millimetern einnahm.

Das Gewicht der verbrannten Substanz wurde, wo immer möglich, nicht durch unmittelbares Wägen der Substanz vor und nach der Verbrennung, sondern durch Wägen der Verbrennungsproducte bestimmt.

Wir gehen nun zur Anführung der Resultate über; die Einheiten sind der Gramm und die Wärmemenge, welche die Temperatur von 1 Grm. Wasser von 0° auf 1° erhöht:

1 Gramm Wasserstoff mit Sauerstoff verbunden entwickelt 34462 Einheiten
" " " " Chlor " " 23783 "

Da bei der Verbrennung der Kohle im Calorimeter niemals reine Kohlensäure, sondern diese immer mit Kohlenoxyd gemischt erhalten wurde, so war es nöthig, zuerst die Verbrennungswärme dieses Gases zu kennen, um die bei der Kohle gemachten Beobachtungen danach zu corri-

giren. Nach dem Vorgang von Dulong verbrannten Favre und Silbermann das Kohlenoxyd mit Wasserstoffgas gemengt; sie machten die Analyse eines während des Actes der Verbrennung abgeleiteten Menge des Gasgemisches, und brachten die Verbrennungswärme des beigemengten Wasserstoffs in Abzug : Wärmeentwickelung beim chemischen Processe.

1 Gramm Kohlenoxyd	mit Sauerstoff	verbunden	entwickelt	2403	Einheiten
1 Gramm Holzkohle	„	„	„	8080	„
1 Gramm Zuckerkohle	„	„	„	8040	„

Es gewährt einiges Interesse, die Verbrennungswärme verschiedener Kohlenarten mit ihren (von Regnault bestimmten) specifischen Wärmen zusammengestellt zu sehen :

	Verbrennungswärme für 1 Gramm	Specifische Wärme
Holzkohle	8080,0	0,24150
Kohle aus Gasretorten . .	8047,3	0,20360
Natürlicher Graphit . .	7796,6	0,20187
Graphit aus Hohöfen . .	7762,3	0,19702
Diamant	7770,0	0,14687

Mit der specifischen Wärme der Kohlenart steigt auch ihre Verbrennungswärme.

Die Verbrennung der Kohlenwasserstoffe ergab für 1 Grm. Sumpfgas 13063 Einheiten, für die Verbindungen $n(C_2H_2)$ folgende Werthe :

Oelbildendes Gas	C_4H_4	11858	Verbindung	$C_{32}H_{32}$	11262
Amylen	$C_{10}H_{10}$	11491	Ceten	$C_{32}H_{32}$	11078
Paramylen	$C_{20}H_{10}$	11303	Metamylen	$C_{40}H_{10}$	10928

Man sieht, dafs die Verbrennungswärme abnimmt, je öfter der Atomencomplex C_2H_2 in die Verbindung eingeht. Favre und Silbermann haben eine Curve construirt, welche diese Abnahme versinnlicht; und aus der Vergleichung des Amylens mit dem Metamylen leiten sie ab, dafs für jedes eintretende C_2H_2 die Abnahme der Verbrennungswärme 37,5 Einheiten beträgt. Hiernach ergiebt sich folgende Tabelle :

Wärmeentwickelung beim chemischen Processe.

Verbindung.	Verbrennungswärme.	Verbindung.	Verbrennungswärme.
20 (C_2 H_2)	10928,5	10 (C_2 H_2)	11303,5
19 „ „	10966,0	9 „ „	11340,0
18 „ „	11003,5	8 „ „	11378,5
17 „ „	11041,0	7 „ „	11415,0
16 „ „	11078,5	6 „ „	11453,5
15 „ „	11116,0	5 „ „	11491,0
14 „ „	11153,5	4 „ „	11528,5
13 „ „	11191,0	3 „ „	11565,0
12 „ „	11228,5	2 „ „	11603,5
11 „ „	11266,0	1 „ „	11640,0

Dafs die für das ölbildende Gas hiernach berechnete Verbrennungswärme geringer ist, als die durch Beobachtung gefundene, erklärt sich daraus, dafs man bei der Berechnung von tropfbar-flüssigen Körpern ausgegangen ist, also noch die ganze zur Vergasung erforderliche Wärme zuzurechnen wäre.

Für den gewöhnlichen Aether ergab sich die Verbrennungswärme zu 9027,6 Einheiten, für den Amyläther gleich 10188 Einheiten. Aus der Reihe der Alkohole haben Favre und Silbermann den Methylalkohol (5307,1), den Aethylalkohol (7183,6), den Amylalkohol (8958,6) und den Aethalalkohol (10629,2) verbrannt, und daraus für die Reihe der Alkohole $n(C_2 H_2) + 2HO$ überhaupt folgende Tabelle abgeleitet :

Verbindung.	Verbrennungswärme.	Verbindung	Verbrennungswärme.
20 (C_2 H_2) + 2 HO	11000,0	10 (C_2 H_2) + 2 HO	10000,0
19 „ „	10910,0	9 „ „	9850,0
18 „ „	10816,0	8 „ „	9680,0
17 „ „	10723,0	7 „ „	9480,0
16 „ „	10629,0	6 „ „	9240,0
15 „ „	10535,0	5 „ „	8958,6
14 „ „	10440,0	4 „ „	8560,0
13 „ „	10345,0	3 „ „	8020,0
12 „ „	10245,0	2 „ „	7184,0
11 „ „	10130,0	1 „ „	5301,5

Ein Grm. Aceton gab bei der Verbrennung 7303 Einheiten.

Wärmeentwickelung beim chemischen Processe.

Aus der Reihe der fetten Säuren wurden Ameisensäure (2091), Essigsäure (3505,2), Buttersäure (5647,0), Valeriansäure (6439,0), Aethalsäure (9316,5), Stearinsäure (9716,5) verbrannt, und die Curve, welche das Gesetzmäfsige in dem Anwachsen dieser Zahlen versinnlicht, schliefst sich an die Zahlen der folgenden Tabelle an :

20	$(C_2H_2) + O_4$		9940	10	$(C_2H_2) + O_4$		8320
19	„	„	9820	9	„	„	8060
18	„	„	9700	8	„	„	7780
17	„	„	9560	7	„	„	7430
16	„	„	9420	6	„	„	7000
15	„	„	9270	5	„	„	6439
14	„	„	9130	4	„	„	5623
13	„	„	8950	3	„	„	4670
12	„	„	8750	2	„	„	3505
11	„	„	8530	1	„	„	1915

Mit diesen Verbindungen sind die zusammengesetzten Aetherarten isomer, deren Favre und Silbermann gleichfalls eine gröfsere Zahl der Verbrennung unterworfen. Die Resultate waren folgende :

Ameisenholzäther	$2\ (C_2H_2) + O_4$	4197,4	Einheiten
Essigholzäther	$3\ (C_2H^2) + O_4$	5342,0	„
Ameisenäther	$3\ (C_2H_2) + O_4$	5278,8	„
Essigäther	$4\ (C_2H_2) + O_4$	6292,7	„
Butterholzäther	$5\ (C_2H_2) + O_4$	6798,5	„
Butteräther	$6\ (C_2H_2) + O_4$	7090,9	„
Valerianholzäther	$6\ (C_2H_2) + O_4$	7375,6	„
Valerianäther	$7\ (C_2H_2) + O_4$	7834,9	„
Essigamyläther	$7\ (C_2H_2) + O_4$	7971,2	„
Valerianamyläther	$10\ (C_2H_2) + O_4$	8543,6	„
Aethals. Ceten	$32\ (C_2H_2) + O_4$	10342,2	„

Es lassen sich aus den beiden vorhergehenden Reihen vielfache Zusammenstellungen isomerer Körper machen, welche beweisen, dafs mit gleicher Zusammensetzung keineswegs auch gleiche Verbrennungswärme verbunden ist. Dasselbe beweisen auch die folgenden Werthe :

		Verbrennungswärme	
Tereben . . .	$C_{20}H_{16}$	10662	Einheiten
Terpentinöl . . .	$C_{20}H_{16}$	10852	„
Citronenöl . . .	$C_{10}H_8$	10959	„

Wärmeentwickelung beim chemischen Processe.

Phenylhydrat zeigte die Verbrennungswärme von 7842,3 Einheiten.

Besondere Sorgfalt verwendeten Favre und Silbermann auf die Messung der Verbrennungswärme des Schwefels in verschiedenen molecularen Zuständen. Es ergab sich :

Schwefel 7 Jahre vor dem Versuche geschmolzen . . .	2216,8
„ 3 Monate vor dem Versuche bis zum Weichwerden erhitzt	2213,8
„ aus Schwefelkohlenstoff krystallisirt	2225,8
„ aus Mehrfach-Schwefelwasserstoff krystallisirt . .	2229,5
Natürlicher Schwefel aus Sicilien in schönen Krystallen . .	2220,9
Mittel	2220,5
Geschmolzener Schwefel, mehrere Stunden nach der Krystallisation verbrannt	2260,3
Natürlicher undurchsichtiger Schwefel	2249,0
Eben solcher	2274,6
Eben solcher mit röthlichen Krystallen gemengt	2337,1

Der Unterschied von 40 Einheiten zwischen der Verbrennungswärme des vor längerer Zeit krystallisirten und des kurz vorher geschmolzenen Schwefels liegt aufserhalb der möglichen Fehlergrenze und mufs daher in der molecularen Beschaffenheit der beiden Schwefelarten begründet sein.

Für Schwefelkohlenstoff fanden die genannten Beobachter die Verbrennungswärme von 3400,5 Einheiten, während man 3146,3 Einheiten erhält, wenn man die Verbrennungswärme aus den Bestandtheilen so berechnet, wie sie dieselbe in unverbundenem Zustande geben würden. Offenbar mufs die Wärme, welche nöthig ist, die Elemente in den Zustand zu versetzen, dafs sie sich verbinden können, die bei dieser Verbindung frei werdende Wärme übersteigen.

In einer zweiten Abtheilung ihrer Abhandlung theilen Favre und Silbermann zunächst ihre Versuche über Verbrennung der Kohle in Stickoxydulgas mit. Sie finden für 1 Grm. Kohle die Verbrennungswärme 11158, also bedeutend gröfser als in reinem Sauerstoffgase. Es mufs demnach bei der Trennung des Sauerstoffs vom Stickstoff nicht Wärme gebunden, sondern frei werden, und zwar

ergiebt sich aus der Vergleichung der Verbrennungswärme der Kohle im Sauerstoffgas und im Stickoxydulgas, dafs bei Abscheidung von 1 Grm. des ersteren Gases aus letzterem 1154 Wärmeeinheiten frei werden müssen. Die genannten Forscher suchten den nämlichen Werth auch dadurch zu bestimmen, dafs sie das Stickoxydulgas im Calorimeter unter dem Einflufs der Hitze verbrennender Kohle in Sauerstoff und Stickgas zerlegten und die Verbrennungswärme der Kohle an dem beobachteten Gesammteffect in Abzug brachten. Sie fanden für die Abscheidung von 1 Grm. Sauerstoffgas 1090,5 Einheiten.

Wärmeentwickelung beim chemischen Processe.

Wir gehen nicht auf die Betrachtungen ein, welche die Verfasser an diese Thatsache knüpfen, und übergehen ebenso die Mittheilungen über die Einwirkung der Wärme auf verschiedene Sauerstoffverbindungen des Stickstoffs und das salpeters. Ammoniak, da dieselben in physikalischer Beziehung keine definitiven Resultate enthalten.

Versuche über die Wärmewirkung, welche bei Lostrennung des Sauerstoffs aus Wasserstoffhyperoxyd durch eingeführtes Platin eintritt, angestellt in einem besonderen (später näher zu beschreibenden) Quecksilbercalorimeter, gaben für die Entbindung von 1 Grm. Sauerstoff eine Wärmeentwicklung von 1303 Einheiten im Mittel (1). Favre und Silbermann sind jedoch der Ansicht, dafs der gröfste der beobachteten Einzelwerthe von 1349 Einheiten der Wahrheit am Nächsten komme, und dafs derselbe wegen der in dem fortgeführten Wasserdampf latent gewordenen Wärme um 14, also auf 1363 Einheiten zu erhöhen sei. — Die Zerlegung von Silberoxyd unter dem Einflufs der Hitze gab nur schlecht übereinstimmende Werthe für die sie begleitende Wärmewirkung. Es würden danach im Mittel bei Zerlegung von 1 Grm. Silberoxyd 22,1 Einheiten absorbirt. Da hier ein Bestandtheil Gasform annimmt, so scheint die geringe Absorption von Wärme

(1) Vgl. Jahresber. f. 1847 u. 1848, 52.

Wärmeentwickelung beim chemischen Processe.

anzuzeigen, dafs auch durch Lostrennung des Sauerstoffs vom Silber Wärme entbunden wird.

Bezüglich der Zersetzung des Kalkspaths und Arragonits, sowie der Wärmewirkung, welche die Umänderung des letzten Körpers in den ersteren begleitet, ist schon früher (1) Mittheilung gemacht worden. Favre und Silbermann haben sich durch Untersuchung im Polarisationsapparat überzeugt, dafs bei Erwärmung des Arragonits die beiden Pole des Lemmiscatensystems sich einander näher rücken. Allein noch ehe ihre wirkliche Vereinigung einen optisch einaxigen Krystall anzeigt, wird die Krystallmasse undurchsichtig.

Von der dritten Abtheilung der hier besprochenen Abhandlung ist bis jetzt nur der erste Abschnitt erschienen, welcher die Beschreibung eines Quecksilbercalorimeters, sowie eines Apparates zur Bestimmung der spec. Wärme der Gase und der Methoden, nach welchen diese Apparate gebraucht wurden, enthält. Was wir in dieser Beziehung mitzutheilen haben, wollen wir verschieben, bis die ausführliche Angabe der mit diesen Apparaten gewonnenen Resultate vorliegt.

Joule (2) theilt die Resultate einer Arbeit mit, welche er zur Beantwortung einer Preisfrage der franz. Academie im Jahre 1846 eingereicht hatte und deren Publication sich bis jetzt verzögerte. Insofern er an mehreren Beispielen die Aufgabe gelöst hat, die Verbindungswärme gewisser Elemente indirect aus der bei der Zersetzung der Verbindung verschluckten Wärme abzuleiten, und insofern er sich dabei der Electrolyse bediente, gebührt Joule die Priorität vor Woods (3), welcher ähnliche Bestimmungen im Laufe des Jahres 1851 vorgenommen hat.

Die Methode Joule's setzte eine genaue Bekanntschaft mit den Gesetzen der Wärmeentwicklung durch den

(1) Vgl. Jahresber. f. 1847 u. 1848, 52. — (2) Phil. Mag. [4] III, 481; im Ausz. Arch. phys. nat. XXI, 52; Ann. Ch. Pharm. LXXXIV, 132. — (3) Jahresber. f. 1851, 23.

galvanischen Strom voraus. Obgleich diese Gesetze durch E. Becquerel (1) und Lenz (2) bereits festgestellt waren, unterzog Joule dieselben dennoch einer neuen Prüfung, indem er nacheinander einen um einen Glascylinder gewundenen Silberdraht und einen in einer schraubenförmig gewundenen Glasröhre enthaltenen Quecksilberfaden in mit Wasser gefüllte doppelwandige Blechgefäfse einsenkte und in die Kette einschaltete, und die Stromstärke mit der Tangentenboussole, die Temperaturerhöhung mittelst empfindlicher Thermometer bestimmte. Er fand, wie die genannten Physiker, dafs die Wärmeentwicklung in einem metallischen Stromleiter dem Widerstand und dem Quadrat der circulirenden Electricitätsmenge proportional ist. Das Gesetz erwies sich auch auf flüssige Leiter anwendbar, so dafs die in einer Volta'schen Kette entwickelte Wärme der electromotorischen Kraft derselben und der Menge der in jeder Zelle zersetzten chemischen Aequivalente proportional erscheint.

Wärmeentwickelung beim chemischen Processe.

Aufserdem bezieht sich Joule noch auf zwei Sätze, bezüglich deren Begründung er auf eine frühere, uns nicht zu Gebote stehende Arbeit (3) verweist, und welche wir nach dem Ausdruck des Verfassers hier anführen : 1) Der Widerstand, welchen das Wasser der Electrolyse entgegensetzt, verursacht keine Wärmeentwicklung in der Zersetzungszelle. Da aber die ganze, einer bestimmten Electricitätsmenge entsprechende Wärmeentwicklung im Stromkreise im Verhältnifs der durch den electrolytischen Widerstand verminderten electromotorischen Kraft (?) abnimmt, so mufs man schliefsen, dafs diese Abnahme gerade der bei der Zersetzung absorbirten Wärmemenge gleich ist. 2) Die Polarisation verursacht eine Wärmeentwicklung an den Polplatten, welche gerade hinreicht, die Wärmeabnahme zu compensiren, welche von der durch die Polarisation

(1) Ann. ch. phys. [3] IX, 21. — (2) Pogg. Ann. LXI, 18. — (3) Mem. of the liter. and philos. Soc. of Manchester [2] VII, part 2.

Wärmeentwickelung beim chemischen Processe.

verminderten Stromkraft herrührt. Man kann daher die calorischen Effecte der Kette gerade so mit den chemischen Wirkungen derselben vergleichen, als wenn keine Polarisation vorhanden wäre.

Die Methode Joule's war die folgende: Ein Glasgefäfs wurde mit der Zersetzungsflüssigkeit gefüllt und, mit den geeigneten Polplatten versehen, eine abgemessene Zeit in den Stromkreis eingeschlossen, und die Menge der Zersetzung durch Wägen der Polplatten, oder Messen der Gase, sowie die entwickelte Wärme mittelst empfindlicher Thermometer bestimmt. Nach dem Ohm'schen Gesetze konnte dann der Silberdraht berechnet werden, welcher einen gleichen Widerstand, wie die Zersetzungszelle, gegeben haben würde; nach dem Lenz'schen Gesetze ergab sich die Wärmemenge, welche in diesem Drahte entwickelt worden sein würde. Diese letztere übertraf unter allen Umständen beträchtlich die in der Zersetzungszelle entwickelte Wärme. Der Unterschied aber entsprach der bei der Zersetzung gebundenen Wärme, und drückte also auch die Verbindungswärme der ausgeschiedenen Elemente aus, wenn überhaupt gleiche Wärmeeffecte in entgegengesetztem Sinne unter diesen Umständen angenommen werden dürfen.

Um die Verbrennungswärme des Kupfers auf diesem indirecten Wege zu bestimmen, wurde ein Glasgefäfs mit 3 Pfund einer Lösung gefüllt, welche 24 Theile Wasser auf 7 Theile krystallisirten Kupfervitriols und 1 Theil concentrirter Schwefelsäure enthielt. In diese Lösung tauchten eine Platin- und eine Kupferelectrode, welche mittelst Kupferdrähten mit Quecksilbernäpfen in Verbindung standen. Ein Thermometer, dessen willkürliche Abtheilungen $\frac{1}{23,4}$ Grad Celsius entsprachen, tauchte mitten in die Zersetzungsflüssigkeit. War die an der Tangentenboussole beobachtete Stromstärke von vier grofsen Daniell'schen Elementen für sich geschlossen = A, nach Einschaltung der

Normalsilberspirale = B, und während der 10 Minuten, während welcher die Zersetzungszelle eingeschaltet war, im Mittel = C, so berechnet sich der Widerstand x der electrolytischen Zelle, denjenigen der Normalsilberspirale zur Einheit genommen, $x = \frac{(A-C)B}{(A-B)C}$, und $x . C^2$ drückt die Wärmewirkung eines Stromes C aus, welcher durch einen Silberdraht von dem Widerstande x geht. — Aufser der Messung der genannten Gröfsen nahm Joule noch die Bestimmung der Wärmecapacität der angewendeten Flüssigkeiten, sammt Gefäfs u. s. f. vor, indem er die oben erwähnte Quecksilberspirale in die Zersetzungszelle und nachher in eine abgewogene Menge Wasser tauchen, jedesmal einen Strom von gleicher Stärke und Dauer durchgehen liefs und dann die Erwärmung mafs. — Die in der Zersetzungszelle wirklich beobachtete Wärmeentwicklung berechnete sich nach den Versuchen auf 964 Einheiten, nach obiger Formel hätte eine Entwicklung von 1455,3 Einheiten stattfinden müssen. Der Unterschied von 491,3 Einheiten entsprach der Abscheidung von 0,5874 Grm. Kupfer, so dafs auf 1 Grm. Kupfer 836,4 Einheiten kommen. Zwei andere Versuche ergaben 856 und 796,5 Einheiten, das Mittel beträgt daher 829,6. Davon die aus mehreren directen Versuchen abgeleitete Verbindungswärme von Kupferoxyd mit Schwefelsäure, bezogen auf 1 Grm. Kupfer, abgezogen, bleibt 829,6 — 236 = 593,6 für die Verbrennungswärme von 1 Grm. Kupfer.

Wärmeentwickelung beim chemischen Processe.

Um eine ähnliche Bestimmung für Zink zu machen, wurde eine Lösung von 3 Theilen krystallisirten Zinkvitriols auf 8 Theile Wasser, und Electroden von Platin und Zink angewendet. Im Mittel aus drei Versuchsreihen ergaben sich 1563 Einheiten für die Electrolyse von 1 Grm. Zink. Die dieser Gewichtsmenge entsprechende Verbindungswärme von Zinkoxyd mit Schwefelsäure beträgt 378 Einheiten, so dafs für die Verbrennungswärme von 1 Grm. Zink 1185 Einheiten bleiben.

Wärmeentwickelung beim chemischen Processe.

Zur Bestimmung der Reductionswärme des Wasserstoffs füllte Joule die Zelle mit einer Mischung von 6 Theilen Wasser auf 1 Theil concentrirter Schwefelsäure und wandte Platinpolplatten an. Die gewonnenen Gase wurden in einem pneumatischen Apparat mit Rücksicht auf Druck und Temperatur gemessen. Es ergab sich die der Electrolyse von 1 Grm. Wasserstoff entsprechende Wärmemenge in drei Versuchsreihen zu 34101, 34212 und 32358, im Mittel also zu 33557 Einheiten. An dieser Zahl bringt Joule noch 4 Einheiten für die Trennung des Wassers von der Säure in Abzug, und behält daher 33553 Einheiten für die Reductionswärme von 1 Grm. Wasserstoff.

Die folgende Tafel giebt eine Vergleichung der Resultate Joule's mit den von anderen Forschern für die Verbrennungswärme des Kupfers, Zinks und Wasserstoffs erhaltenen Werthen:

	Joule	Dulong	Andrews	Favre und Silbermann	Grassi	Woods
Kupfer . .	594	—	600	655	—	611
Zink . . .	1185	1297	1315	1277	—	1307
Wasserstoff .	33553	34587	33808	34462	34666	—

Joule's Resultate scheinen hiernach durchgängig etwas zu klein zu sein.

Mit Zugrundelegung des von ihm bestimmten mechanischen Aequivalentes der Wärme von 448 Metergrm. und mittelst der obigen Zahlen berechnet Joule die aus der Verbrennung von 1 Grm. Kupfer, Zink und Wasserstoff hervorgehende lebendige Kraft zu 266112, 530880 und 15031744 Metergrammen.

Th. Woods (1) hat eine Reihe von theoretischen Betrachtungen an die Resultate seiner im vorjährigen Berichte (2) mitgetheilten Untersuchung über Verbindungs- und Zer-

(1) Phil. Mag. [4] III, 43. 299; IV, 370; im Ausz. Ann. Ch. Pharm. LXXXIV, 138; die erstere Abhandlung auch Arch. ph. nat. XIX, 143; Instit. 1853, 102. — (2) Jahresber. f. 1851, 23.

setzungswärme geknüpft. Er ist darin bemüht, zu zeigen, dafs die Ausdehnung Eines Körpers, welche ihm ein Mafs der Wärme ist, nothwendig die Contraction eines anderen zur Folge habe, und dafs man daraus befriedigend sowohl die gleichzeitig in der Natur vorkommenden Volumänderungen, als auch die Wärmeentwicklung bei Verdichtung oder chemischer Verbindung der Körper, welche immer andererseits von einer Wärmeabsorption begleitet sein müsse, erklären könne, ohne dafs es nöthig sei, anziehende oder abstofsende Kräfte der Molecüle zu Hülfe zu nehmen. Eine Abkühlung im leeren Raume, welche ohne die entgegengesetzte ausgleichende Wirkung einer Erwärmung erfolge, hält er überhaupt für eine rein hypothetische Sache. Diese Betrachtungen, welche von den zur Zeit gangbaren Vorstellungen über das Spiel der Molecularkräfte zum Theil weit abgehen, führen Woods zur Aufstellung von Gesetzen, welchen sich die bekannten Thatsachen nicht leicht vollständig fügen dürften. Unter Anderem schliefst Woods, 1) dafs bei der Ausdehnung von Flüssigkeiten in Dämpfe, oder von starren Körpern in Flüssigkeiten diese Ausdehnungen sich umgekehrt, wie die Atomgewichte oder wie vielfache derselben verhalten; 2) dafs die Ausdehnung einer Verbindung beim Uebergang aus einem Aggregatzustand in den andern nur durch Eines der constituirenden Elemente bedingt werde; 3) dafs die bei chemischen Verbindungen frei werdende Wärme in einer Verdichtung der Elemente ihren Grund habe. — Wir wollen diesen Betrachtungen nicht weiter folgen, sondern nur noch die von Woods gefundenen Werthe der Oxydationswärme einiger Metalle mittheilen, welche er entweder durch unmittelbare Auflösung in Wasser, wie bei Kalium und Natrium, oder durch Auflösung mittelst verdünnter Säuren, wie bei Zink und Kupfer fand. Die bei der Zersetzung des Wassers absorbirte Wärme wurde der beobachteten zugefügt, die Verbindungswärme der gebildeten Oxyde mit der Säure dagegen in Abzug gebracht. Es ergaben sich folgende Resultate :

Wärmeentwickelung beim chemischen Processe.

Wärmeentwickelung beim chemischen Processe.

Metalle	Wärmeeinh. durch Verbrennung von 1 Grm.	Metalle	Wärmeeinh. durch Verbrennung von 1 Grm.
Natrium . .	3293	Zinn . . .	595
Kalium . .	1745	Blei . . .	256
Zink . . .	1307	Quecksilber . .	118
Eisen . . .	1204	Silber . . .	96
Kupfer . .	611	Wismuth . .	95,5

Andrews (1) hat die Priorität bezüglich des Satzes, dafs bei der Zerlegung einer Verbindung so viel Wärme gebunden, als bei ihrem Zustandekommen frei werde, für sich in Anspruch genommen.

Erwärmung von Gasen durch plötzliche Volumänderung.

Afsmann (2) discutirt die Bedeutung des Factors, welchen Laplace in die Newton'sche Formel : $v^2 = gH$ für das Quadrat der Schallgeschwindigkeit einführte, um die Theorie mit der Beobachtung in Uebereinstimmung zu setzen. Bekanntlich hatte Laplace in der verbesserten Formel : $v^2 = \mu . gH$, den Factor μ dadurch gewonnen, dafs er der in den verdichteten Wellentheilen entbundenen und in den verdünnten Wellentheilen gebundenen Wärme Rechnung trug, durch welche die Elasticität in gröfserem Verhältnifs als die Verdichtung gesteigert und resp. mehr als im Verhältnifs der Verdünnung vermindert wird.

Afsmann bemerkt, dafs Laplace sich in sofern in einem Irrthum befunden habe, als er den Factor μ gleich dem Quotienten $\frac{c}{c'}$ der spec. Wärme der Luft bei constantem Drucke dividirt durch die spec. Wärme bei constantem Volume gesetzt, wie sich nämlich diese Gröfsen aus einer endlichen Temperaturveränderung ergeben. Die spec. Wärme der Gase müsse man sowohl mit dem Drucke als mit der Temperatur veränderlich annehmen, und jenes Verhältnifs $\frac{c}{c'}$ könne für gegebenen Druck und Temperatur nur dann an die Stelle von μ treten, wenn man die Gröfsen c und c' aus ganz kleinen Temperaturänderungen entnommen ansehe. Während aus den besten Versuchen über die

(1) Phil. Mag. [4] IV, 497. — (2) Pogg. Ann. LXXXV, 1.

Geschwindigkeit des Schalles in der Luft (1) $\mu = 1{,}413$ folge, und Dulong diesen Coëfficienten $= 1{,}421$ finde, bleibe es nach der Laplace'schen Ableitungsweise, welche Afsmann näher entwickelt, zweifelhaft, ob man mit Zugrundelegung der Versuche von de la Roche und Bérard zu dem Werthe $\mu = 1{,}495$ oder $\mu = 1{,}365$ gelange. Erwärmung von Gasen durch plötzliche Volumänderung.

Wenn man mit p die Spannung, mit ϱ die Dichte der Luft bezeichnet, so ist $\frac{dp}{p} = \mu \cdot \frac{d\varrho}{\varrho}$ (2) der unmittelbare Ausdruck für eine über das Verhältnifs der Dichtezunahme gesteigerten Elasticität, und durch Integration erhält man: $\frac{p'}{p} = \left(\frac{\varrho'}{\varrho}\right)^{\mu}$, eine Gleichung, welche Afsmann zur Lösung der auf plötzliche Volumänderungen von Gasen bezüglichen Fragen benutzt.

Unter Anderem findet er unter der Voraussetzung, dafs die Wärmecapacität unter constantem Drucke mit der Temperatur nicht variire: $\frac{c}{c'} = \left(\frac{p'}{p}\right)^{\frac{\mu-1}{\mu}}$, und auf gleiche Volumina, anstatt auf gleiche Gewichte, bezogen: $\frac{c'}{c} = \left(\frac{p'}{p}\right)^{\frac{1}{\mu}}$. Aus den Versuchen von de la Roche und Bérard, welche $\frac{c'}{c} = 1{,}2396$ für $\frac{p'}{p} = 1{,}3583$ fanden, ergiebt sich demnach $\mu = 1{,}426$, was nahe genug mit dem aus der Schallgeschwindigkeit entnommenen Werthe übereinstimmt.

(1) Moll, van Beek und Kuytenbrouwer fanden $v = 332^{m},05$ (Pogg. Ann. V, 351. 469). — (2) Da Afsmann sich der Gleichung $\frac{dt}{t} = \frac{d\varrho}{\varrho}$ und ähnlicher bedient, welche gar keinen Sinn haben, wenn man die Temperaturen in gewöhnlicher Weise gemessen annimmt, so wäre es wohl nicht unpassend gewesen, zu bemerken, dafs t die Temperaturen des hunderttheiligen Thermometers, vermehrt um 274°, und die Summe dividirt durch 274, ausdrückt.

Erwärmung von Gasen durch plötzliche Volumänderung.

Der Werth von μ läfst sich, wie Afsmann bemerkt, aus der Gleichung $\frac{p'}{p} = \left(\frac{\varrho'}{\varrho}\right)^{\mu}$ ableiten, wenn man direct die Zunahme der Elasticität bei rascher Verdichtung beobachtet, wie diefs von Clément und Désormes nach einem sinnreichen Verfahren geschehen ist, welches auch von Gay-Lussac und Welter zu gleichem Zwecke angewendet wurde.

Wenn p' die Elasticität der in einem Ballon verdünnten Luft, p die Elasticität der äufsern und p'' diejenige der nach dem Oeffnen des Ballons durch Einströmen verdichteten und nachher wieder erkalteten Luft bedeuten, so findet Afsmann die Formel: $\frac{p'}{p} = \left(\frac{p + p' - p''}{p}\right)^{\mu}$ und nach Versuchsdaten von Clément und Désormes $\mu = 1{,}357$; eine von Poisson (1) zu gleichem Zwecke gegebene Formel: $\mu = \frac{c}{c'} = 1 + \frac{p' - p''}{p'' - p} \cdot \frac{p'}{p''}$, welche $\mu = 1{,}349$ giebt, erklärt Afsmann für unrichtig.

Die Wärmemenge, welche bei unverändertem Volum zu einer endlichen Temperaturerhöhung erfordert wird, berechnet der Verfasser durch Integration aus den Gleichungen: $\frac{c'}{c} = \left(\frac{p'}{p}\right)^{\frac{1}{\mu}}$ und $\frac{c}{c_{,}} = \mu$, wo aber c und $c_{,}$ in der zweiten Gleichung die einer sehr kleinen Temperaturerhöhung entsprechenden kleinen Wärmemengen bezeichnen. Er findet die Wärmemenge, welche ein Luftvolum, bei der constanten Dichte ϱ, von t_0 auf $t_{,}$ Temperatur erwärmt:

$$w = \frac{L \cdot c}{(\mu + 1)\, t_0^{\frac{1}{\mu}}} \left(t_1^{\frac{\mu+1}{\mu}} - t_0^{\frac{\mu+1}{\mu}}\right)$$

worin L eine Constante und c die Wärmecapacität bei dem constanten anfänglichen Drucke bezeichnet. Wäre dieser

(1) Ann. ch. phys. [2] XXIII, 9.

unverändert geblieben, so wäre die zu einer gleichen Temperaturveränderung erforderliche Wärmemenge ausgedrückt durch : Erwärmung von Gasen durch plötzliche Volumänderung.

$$W = L\,c\,(t_1 - t_0)$$

woraus man das Verhältnifs $\frac{W}{w}$ leicht ableiten kann.

Nachdem Afsmann die Versuche von Dulong (1) über Bestimmung des Verhältnisses der beiden specifischen Wärmen aus den Tonhöhen einer nämlichen, mit verschiedenen Gasen angeblasenen Pfeife discutirt und seine Ansicht darüber entwickelt hat, warum diese Versuche zu einer genauen Ermittelung von μ nicht hätten führen können, schlägt er eine neue Methode zu diesem Zwecke vor, welche er auf alle Gase und Dämpfe unter jedem Drucke anwendbar hält, und welche er selbst bereits auf die atmosphärische Luft angewendet hat.

Die Schwingungsdauer einer flüssigen Säule, welche in einer heberförmig gebogenen, beiderseits offenen Röhre kleine Oscillationen um die Gleichgewichtslage vollendet, ist, wenn man von der Reibung absieht, ausgedrückt durch $T = \pi\sqrt{\frac{l}{2g}}$, worin *l die Länge der flüssigen Säule bezeichnet.* — Ist die Röhre am einen oder an beiden Enden geschlossen, so hängt die bewegende Kraft nicht allein mehr von der Niveaudifferenz der flüssigen Säule, sondern auch von der Spannkraft der eingeschlossenen Luft ab, welche ihrerseits bei rascher Compression aufser durch die Verdichtung auch durch Erwärmung gesteigert und aufser durch die Verdünnung auch durch Abkühlung vermindert wird.

Wenn Quecksilber als schwingende Flüssigkeit dient und das in einem Schenkel abgesperrte Luftvolum gleich ist einer Säule vom Querschnitt der Röhre und von der Höhe k, wenn h die Barometerhöhe ist, so erhält man die Schwingungsdauer :

(1) Ann. ch. phys. [2] XLI, 113; Pogg. Ann. XVI, 438.

Erwärmung von Gasen durch plötzliche Volumänderung.

$$T' = \pi \sqrt{\frac{1}{g\left(2 + \frac{\mu h}{k}\right)}} \text{ und } \left(\frac{T}{T'}\right)^2 = 1 + \frac{\mu h}{2k},$$

woraus $\mu = \frac{2k}{h}\left\{\left(\frac{T}{T'}\right)^2 - 1\right\}$ sich ergiebt. — Von der Reibung glaubt Afsmann abstrahiren zu können, da er bemerkte, dafs, nachdem das Quecksilber mehrere Tage in dem Glasrohr gestanden hatte, die zunächst der Wand liegenden Theilchen keinen Antheil mehr an der Schwingungsbewegung nahmen, so dafs nur noch die Reibung der flüssigen Theilchen untereinander übrig blieb, welche keinen Einflufs auf die Schwingungsdauer ausübte. Die genaue Messung dieser Schwingungsdauer gelang Afsmann dadurch, dafs er ein Pendel mit verschiebbarer Linse, welches mittelst eines am oberen Theile horizontal befestigten Drahtes das Niveau der flüssigen Säule tangirte, mit den Schwingungen dieser letzteren isochron machte, und dann die Schwingungsdauer des Pendels mit der Uhr bestimmte.

In zwei Versuchsreihen ergaben sich:

1) $T = 48{,}663$, $T' = 62{,}2475$, $h = 750{,}5^{mm}$, $k = 773{,}7^{mm}$
2) $T = 46{,}698$, $T' = 60{,}844$, $h = 755{,}9$, $k = 773{,}325$

und hieraus $\mu = 1{,}421$ und $\mu = 1{,}427$, Werthe, welche wenig von dem aus der Schallgeschwindigkeit berechneten abweichen.

Die Beschreibung eines für Gase und Dämpfe bei verschiedenen Spannungen und Temperaturen geeigneten Apparates, um auf obige Weise den Werth μ abzuleiten, übergehen wir hier, da dieselbe ohne Zeichnung doch unverständlich bleiben würde. Afsmann glaubt, dafs man unter Anwendung desselben zur Beantwortung folgender Fragen gelangen könne: 1) ob μ für dasselbe Gas unter allen Umständen denselben Werth behalte; 2) ob μ für verschiedene Gase auch verschiedene Werthe habe, wie Dulong angiebt; 3) ob alle Gase bei gleichem Volum, gleicher Spannung und Temperatur bei gleicher Verdichtung gleiche absolute Wärmemengen entwickeln. Endlich glaubt Afsmann, dafs die Bestimmung von μ für die Dämpfe einiges

Licht auf das Gesetz der Spannungszunahme gesättigter Dämpfe mit der Temperatur werfen könne, über welche man bis jetzt eben so wenig etwas Sicheres wisse, als über die Dichtigkeit des gesättigten Wasserdampfs, sowie über den Ausdehnungscoëfficient und die Wärmecapacität des Wassergases. Afsmann sucht diese Behauptungen durch Discussion der bis jetzt bekannten Beobachtungsresultate zu rechtfertigen.

Erwärmung von Gasen durch plötzliche Volumänderung.

Schliefslich lenkt er die Aufmerksamkeit noch auf den merkwürdigen Fall der Temperaturerhöhung, welcher von Gay-Lussac in Gegenwart von Laplace und Berthollet, sowie später von Leslie, endlich von Clement und Désormes beobachtet wurde. Er besteht darin, dafs zwei gleich grofse Ballons, der eine luftleer, der andere mit Luft oder einem anderen Gase gefüllt, aneinander geschraubt wurden und dafs dann beim Ueberströmen der Luft aus dem gefüllten in den leeren Ballon eine Temperaturerniedrigung im ersteren, dagegen eine Temperaturerhöhung im letzteren beobachtet wurde, während man hätte in beiden Ballons die nämliche Erkaltung erwarten sollen. Afsmann ist nicht abgeneigt, der Erklärung dieses Versuchs durch Clément und Désormes zuzustimmen, welche zu diesem Zwecke eine Temperatur und Wärmecapacität des Vacuums annehmen.

Die Wärmewirkung durch enge Oeffnungen strömender Luft.

Von Mayer rührt die Annahme her, dafs die Wärme, welche entbunden wird, wenn Luft zusammengedrückt und dabei auf unveränderter Temperatur erhalten wird, das Aequivalent der bei der Compression aufgewendeten mechanischen Kraft sei. W. Thomson's Untersuchungen über die mechanische Theorie der Wärme führten zu dem Schlusse, dafs jene Annahme nur für Eine der Temperaturen, über welche sich Regnault's Messungen der Spannkraft und latenten Wärme gesättigter Wasserdämpfe erstrecken, in aller Strenge richtig sein könne, wenn man nicht annehmen wolle, dafs die Dichte der Wasserdämpfe sowohl bei 100° als bei anderen Temperaturen bedeutend von den seither

Die Wärmewirkung durch enge Oeffnungen strömender Luft.

als richtig angenommenen Werthen abweiche. Da es an bezüglichen Messungen der Dampfdichten fehlt, so haben Joule und W. Thomson (1) die Mayer'sche Hypothese auf eine andere Probe gestellt, zu welcher von Thomson in seinen theoretischen Entwickelungen (2) bereits der Gedanke angegeben worden war. Wenn man comprimirte Luft durch eine enge Oeffnung ausströmen und so die Dichte der atmosphärischen Luft annehmen läfst, so mufs sie, wenn der Mayer'sche Satz richtig ist, diesseits und jenseits der Oeffnung genau gleiche Temperatur haben, indem die Reibungswärme derjenigen Wärmemenge gleichkommt, welche die Luft bindet, indem sie sich ausdehnt und ihre Geschwindigkeit verliert. Nach mancherlei Proben, welche den genannten Forschern nur schwankende Resultate lieferten, schritt Joule allein zur folgenden Versuchsmethode. Er liefs die mittelst einer Pumpe in einem weiteren Gefäfse comprimirte Luft in ein Messingrohr einströmen, dessen Ende mit einem Stück Kalbleder geschlossen war und sich in einem darüber gezogenen Rohr von Kautschouk fortsetzte. In letzteres war ein Thermometer gesenkt, so dafs seine Kugel unmittelbar über der Scheidewand von Leder stand, welche die comprimirte Luft durch ihre Poren entweichen liefs. Der ganze Apparat war in Wasser gesenkt, welches auf gleichmäfsiger Temperatur erhalten wurde. Das allgemeine Resultat war, dafs man eine Erniedrigung der Temperatur der eingeströmten Luft wahrnahm, welche mit der Menge der durchströmenden Luft zunahm, mit steigender Temperatur sich verminderte. In den Eingängen der folgenden Tafel ist die Menge der einströmenden Luft in englischen Kubikzollen, die Temperatur in Celsius'schen Graden angegeben. Die Zahlen der Tafel selbst sind die Quotienten aus dem Temperaturunterschied des Wassers und der durchgeströmten Luft, dividirt durch den Logarithmen des Druckes :

(1) Phil. Mag. [4] IV, 481; im Ausz. Instit. 1852, 322, ausführlicher 1853, 110. — (2) Vgl. Jahresber. f. 1851, 35.

Die Wärmewirkung durch enge Oeffnungen strömender Luft.

Temp.	Menge der in 1 Secunde durchströmenden Luft				
	1,4	2,8	5,6	8,4	11,2
5°,2	—	—	1,01	1,46	1,42
18°,9	0,84	0,81	0,92	—	1,19
77°,2	—	—	0,54	0,69	—

Nach Thomson's Theorie sollte eine Abkühlung nur bis zu 33° stattfinden und für höhere Temperaturen an deren Stelle Erwärmung treten. Joule glaubt, dafs die obigen Zahlen, so unsicher sie auch noch seien, doch eine Abkühlung der ausströmenden Luft im Allgemeinen bis zu 77° hin aufser Zweifel stellen, und er schliefst im Zusammenhang mit Thomson's Theorie hieraus, dafs die Dichte des Wasserdampfs bei jener Temperatur 1,019mal so grofs sein müsse, als die gewöhnlich angenommene. Wenn eine Abkühlung der ausströmenden Luft noch bei einer Temperatur von 100° beobachtet würde, so müfste die Dichte des Wasserdampfs bei dieser Temperatur nicht $\frac{1}{1694}$, sondern gröfser, als $\frac{1}{1645}$ sein.

Wenn Joule die Luft, anstatt durch die Poren des Leders, durch eine mit der Nadel gestochene Oeffnung ausströmen liefs, fiel die Abkühlung, also auch der Quotient $\frac{D}{\log P}$, weit bedeutender aus; letzterer stieg in einem Falle bis zu 8°. Joule schreibt diefs dem Umstand zu, dafs die Luft beim Austreten durch die weitere Oeffnung nicht ihr ganzes Bewegungsmoment durch Reibung in Wärme umsetzen kann.

Mechanisches Aequivalent der Wärme.

Auf die Anwendung, welche Kupffer von seinen mit den umfassendsten Mitteln angestellten Versuchen über Dehnung der Metalle gemacht hat, um das mechanische Aequivalent der Wärme abzuleiten, ist bereits im vorjährigen Berichte (1) hingedeutet worden. Wir theilen

(1) Jahresber. f. 1851, 77; vgl. auch Jahresber. f. 1849, 53.

Mechanisches Aequivalent der Wärme.

hier die erhaltenen Zahlenresultate mit (1). Es sei δ die Ausdehnung, welche ein Draht von der Länge und dem Radius 1 durch die Belastung mit der Gewichtseinheit erfährt, s das spec. Gew., m die spec. Wärme, a die Ausdehnung bei einer Erwärmung von 0° auf 100°, so ist für

	δ	s	m	a
Eisendraht	0,00000001110	7,5536	0,11379	0,001182
Messingdraht	2139	8,4760	0,09391	0,001878
Platindraht	1269	20,9624	0,03243	0,000884
Silberdraht	2854	10,4845	0,05701	0,001910

Wenn man mit a die Ausdehnung meint, welche der oben beschriebene Draht erleidet, wenn er vom Gefrierpunkt auf den Kochpunkt erwärmt wird, und die Wärmemenge, welche ein ganz gleicher Wassercylinder zu der gleichen Temperaturerhöhung erfordert, zur Einheit nimmt, so ist m s die für den Draht erforderliche Wärmemenge und $\frac{2a}{\delta}$ ist (2) das Verhältnifs der mechanischen Wirkung der bezeichneten Wärmemenge zur mechanischen Wirkung eines Pfundes, so dafs das mechanische Aequivalent c der Wärme, welche den gedachten Cylinder von 0° auf 100° erwärmt, aus der Gleichung : $c = \frac{2a}{m.s.\delta}$ gefunden wird. Es ergiebt sich nun :

für den Eisendraht	c	= 247800
für den Messingdraht	c	= 220600
für den Platindraht	c	= 205050
für den Silberdraht	c	= 223900
im Mittel	c	= 224325

Diefs ist der Druck in russischen Pfunden auf π Quadratzoll und es kommt diefs 4327 Atmosphären oder 4473 Kilogrm. auf 1 Quadratcentimeter Fläche gleich. — Indem Kupffer den gefundenen Werth in die für mechanische Kräfte übliche Ausdrucksweise übersetzt, findet er,

(1) Petersb. Acad. Bull. X, 193; Pogg. Ann. LXXXVI, 310; Phil. Mag. [4] IV, 393; Instit. 1852, 259; im Ausz. Sill. Am. J. [2] XIV, 421. — (2) Nach Poisson's Theorie, vgl. Jahresber. f. 1847 u. 1848, 127 und Jahresber. f. 1849, 57.

dafs die Wärme, welche 1 Kilogr. Wasser von 0° auf 1° erwärmt, hinreichend ist, um 453 Kilogrm. 1 Meter hoch zu heben. Joule (1) fand bekanntlich 423,6 Meterkilogramme. Mechanisches Aequivalent der Wärme.

Clausius, dessen mathematische Entwicklungen über die mechanische Theorie der Wärme mehrmals Gegenstand unserer Mittheilungen (2) gewesen sind, hat sich nun die Aufgabe gestellt, auch die durch eine Entladung von Maschinenelectricität (3) und durch einen stationären galvanischen Strom (4) in einem Leiter hervorgebrachten Wirkungen auf ein bestimmtes, durch die Grundsätze der Mechanik gebotenes Mafs zurückzuführen. Vorerst hat er diese beiden Aufgaben nur unter sehr beschränkenden Bedingungen gelöst und namentlich alle äufsere und innere mechanische, sowie alle electrolytische und magnetische Wirkungen von der Betrachtung ausgeschlossen, so dafs ihm nur die entwickelte Wärme als einzige Wirkung übrig blieb, welche er dabei als das Mafs der lebendigen Kraft einer den kleinsten Theilchen der Körper mitgetheilten Bewegung ansah. Mechanischer Effect der Electricität durch Wärmeentwickelung.

Wir können, auch unter den angeführten beschränkenden Bedingungen, nicht den Gang der mathematischen Entwicklungen, sondern nur die Resultate derselben mittheilen. Zunächst hat Clausius die theoretischen Controversen über das Wesen der Electricität dadurch von seiner Arbeit fern gehalten, dafs er zeigt, dafs zur Ermittelung der bei der Entladung oder durch den Strom geleisteten Arbeit man nicht den veränderlichen Zustand während der Entladung, sondern nur die constanten Zustände vor und nach derselben, und nicht den Weg zwischen dem Anfangs- und Endpunct der betrachteten Strom-

(1) Vgl. Jahresber. f. 1850, 36. — (2) Jahresber. f. 1850, 37. 38. 48; f. 1851, 29. 31. — (3) Pogg. Ann. LXXXVI, 337; im Ausz. Berl. Acad. Ber. 1852, 278; Instit. 1852, 289. — (4) Pogg. Ann. LXXXVII, 415.

UNIVERSITÄTSBIBLIOTHEK
– Medizinische Abt. –
DÜSSELDORF

Mechanischer Effect der Electricität durch Wärmeentwickelung.

strecke, sondern nur die Werthe der Potentialfunction (1) am Anfangs- und Endpuncte der Bahnstrecke zu kennen braucht.

Der Hauptsatz, zu welchem Clausius in der ersteren der citirten Arbeiten gelangt, heifst : die Summe aller durch eine electrische Entladung hervorgebrachten Wirkungen ist gleich der dabei eingetretenen Zunahme des Potentials der gesammten Electricität auf sich selbst.

Indem er den Werth der Potentialfunction und des Potentials für verschiedene Formen der Kleist'schen Flasche (eine geschlossene Hohlkugel, Franklin'sche Tafel mit kreisförmiger Belegung) berechnet, findet Clausius, dafs diese Werthe in erster Annäherung von der Form der Flasche unabhängig und durch die folgenden Ausdrücke gegeben sind :

$$V = -\frac{Q}{S} \cdot 4\pi c \qquad W = -\frac{Q^2}{S} \cdot 2\pi c$$

wo Q die auf einer Belegung ausgebreitete Electricitätsmenge, S den Flächengehalt der Belegung, c die Glasdicke bedeutet. Er vergleicht alsdann unter Anwendung dieser Resultate bezüglich der Wirkung einer Anzahl gleicher Flaschen, die zu einer gewöhnlichen Batterie verbunden entweder vollständig oder unvollständig entladen werden, ferner bezüglich der Wirkung vollständiger Entladung einer Franklin'schen Cascadenbatterie, die Ergebnisse der Rechnung mit den Beobachtungsresultaten von Riefs, Vorsselman de Heer und Dove.

(1) Wenn ρ den Abstand eines Theilchens μ von irgend einem Punkte o bezeichnet, so nennt man oft nach Gaufs die Gröfse $\pm \frac{\mu}{\rho}$ das *Potential* von μ in Beziehung auf o. Clausius zieht es vor, diesen Namen auf die Gröfse $\pm \frac{m\mu}{\rho}$ anzuwenden, wo m die im Punkte o befindliche Masse bezeichnet. Die Gröfse $\pm \frac{\mu}{\rho}$, welche hiernach das Potential von μ in Beziehung auf die in o wirksame Masseneinheit ist, belegt Clausius mit dem Namen der *Potentialfunction*.

In der zweiten Arbeit stützt sich Clausius auf das Ohm'sche Gesetz unter der Form, welche ihm Kirchhoff gegeben hat. Ist $d\omega$ ein Flächenelement, durch welches in Richtung der Normalen N die Electricität mit der Intensität i strömt, und ist K das Leitungsvermögen des Körpers, so hat man

Mechanischer Effect der Electricität durch Wärmeentwickelung.

$$i = K \cdot \frac{dV}{dN}$$

als Ausdruck jenes Gesetzes. Es mufs in jedem Punkte des durchströmten Leiters eine Kraft wirken, welche die Electricität trotz des Widerstandes, welchen sie fortwährend zu überwinden hat, in Bewegung erhält, und der Differentialquotient $\frac{dV}{dN}$ ist die Componente dieser Kraft in Richtung der Normalen. Weiter zeigt Clausius, dafs V als die Potentialfunction der gesammten, auf dem Leiter befindlichen freien Electricität zu betrachten ist. Indem er ein Raumelement dx dy dz des Leiters betrachtet, und den Ueberschufs der durch je zwei gegenüberliegende Flächen ein- und austretenden Electricität berechnet, findet er:

$$K\,dx\,dy\,dz \cdot \frac{d^2V}{dx^2}; \qquad K\,dx\,dy\,dz\,\frac{d^2V}{dy^2}; \qquad K\,dx\,dy\,dz\,\frac{d^2V}{dz^2}$$

und da die Summe dieser Unterschiede Null sein mufs:

$$\frac{d^2V}{dx^2} + \frac{d^2V}{dy^2} + \frac{d^2V^2}{dz^2} = 0.$$

Aus dieser Gleichung schliefst Clausius, nach einer bekannten Eigenschaft der Potentialfunction müsse der Punct xyz sich aufserhalb derjenigen Massen befinden, von welchen V die Potentialfunction ist, und da dasselbe für alle Puncte des Leiters gelte, könne die freie Electricität während des stationären Stroms, ebenso wie im Gleichgewichtszustand, nur an der Oberfläche angehäuft sein.

Den Ausdruck für die von einem Electricitätselement dq auf einem Bahnstück $s = s_1 - s_0$ geleistete Arbeit findet Clausius $W = (V_1 - V_0)\,dq$, oder in Worten:

Die bei einer bestimmten Bewegung einer Electricitätsmenge von der im Leiter wirksamen Kraft gethane Arbeit

Mechanischer Effect der Electricität durch Wärmeentwickelung.

ist gleich der bei der Bewegung eingetretenen Zunahme des Potentials dieser Electricitätsmenge und der freien Electricität aufeinander.

Ist A das Wärmeäquivalent für die Einheit der Arbeit, so ist die ganze, während der Zeiteinheit in dem abgegrenzten Raume entwickelte Wärme : $H = A . W$, oder $H = A . (V_1 - V_0) J$, wenn mit J die ganze während der Zeiteinheit durch den Querschnitt eines cylindrischen Leiters strömende Electricitätsmenge, d. h. die Intensität des Stromes bezeichnet wird. Da aber nach dem Ohm'schen Gesetze : $J = \frac{V_1 - V_0}{l}$, wo l den Leitungswiderstand auf der ganzen betrachteten Strecke des cylindrischen Leiters bezeichnet, so ist auch $H = A . l . J^2$, d. h. die entwickelte Wärmemenge ist dem Leitungswiderstand aus dem Quadrat der Stromstärke proportional, wie diefs Joule fand und Lenz und Becquerel bestätigten.

W. Thomson (1) geht bei der Begründung der mechanischen Theorie der Electrolyse von der Ansicht aus, dafs die einem electrischen Strome entsprechende mechanische Arbeit, wenn derselbe chemische Zersetzung bewirke, zum Theil in dieser Zersetzung, zum andern Theil in der Erzeugung von Wärme verwendet werde, so dafs $W = A . H + M$ **(1)**, wo W das ganze mechanische Aequivalent des Stroms, A das mechanische Aequivalent einer Wärmeeinheit, H die Anzahl der entwickelten Wärmeeinheiten und M die in der Zersetzung aufgewendete Arbeit bedeutet. Ist nun weiter E die Gewichtsmenge eines durch den Strom ausgeschiedenen Elementes, ϑ die Verbindungswärme der Gewichtseinheit dieses Elementes, so ist $M = A . \vartheta . E$; und wenn man bedenkt, dafs die Quantität der Zersetzung der Stromkraft γ proportional ist, also $E = c . \gamma$, worin c die Gewichtsmenge des in der Zeiteinheit durch die Stromeinheit ausgeschiedenen Elementes be-

(1) Phil. Mag. [4] II, 429.

deutet, so hat man $M = A \cdot \vartheta \cdot c \cdot \gamma$, und da die Wärmeerzeugung dem Quadrate der Stromkraft proportional ist: $H = R \cdot \gamma^2$, wo R eine dem Leitungswiderstande proportionale Gröfse bedeutet. Mechanischer Effect der Electricität durch Wärmeentwickelung.

Thomson denkt sich den Strom erzeugt durch Drehung einer kreisförmigen Metallscheibe in ihrer eigenen Ebene, welche übrigens nicht mit der Richtung der erdmagnetischen Kraft parallel laufen darf, während die Platte im Mittelpunkt und am Rande von zwei Drähten berührt wird. Ist F die Composante der erdmagnetischen Kraft in der Ebene der Scheibe, r der Halbmesser der Scheibe, ω die Winkelgeschwindigkeit der Drehung, so berechnet Thomson die Arbeit, welche erforderlich ist, die Scheibe während der Einheit der Zeit mit Ueberwindung des Widerstandes zu drehen, welchen der Erdmagnetismus auf den Strom äufsert: $W = \frac{1}{2} r^2 F \cdot \gamma \cdot \omega$, so dafs also schliefslich die Gleichung **(1)** folgende Form erhält:

$$\frac{1}{2} r^2 F \cdot \gamma \cdot \omega = A R \cdot \gamma^2 + A \vartheta \cdot c \cdot \gamma$$

Hieraus ergiebt sich $\gamma = \dfrac{\frac{1}{2} r^2 \cdot F \cdot \omega - A \cdot \vartheta \cdot c}{AR}$ **(2)**.

Die obengedachten Drähte soll man sich nach Thomson mit den Electroden irgend einer galvanischen Batterie, wie z. B. einer solchen, welche zur Wasserzersetzung dient, verbunden denken. Wenn die Winkelgeschwindigkeit ω kleiner ist, als ein leicht zu berechnender Grenzwerth $\Omega = \frac{2 A \cdot \vartheta \cdot c}{r^2 \cdot F}$, so wird der Strom negativ, d. h. eine entgegengesetzte electromotorische Kraft an der Berührungsstelle der Drähte mit den Electroden der galvanischen Batterie überwiegt. Wenn man den Werth von Ω in die Gleichung **(2)** einführt, ω kleiner als Ω annimmt, und, um die negativen Werthe zu vermeiden, $\gamma' = -\gamma$ setzt, so ist

Mechanischer Effect der Electricität durch Wärmeentwickelung.

$$\gamma' = \frac{r^2 F}{2AR}(\Omega - \omega); \quad M' = \frac{r^2 F \cdot \vartheta \cdot c}{2R}(\Omega - \omega) \text{ und}$$

$$W' = M' - AH = \frac{1}{2} r^2 F \cdot \omega \cdot \gamma' = \frac{\omega}{\Omega} M'$$

wo M′ und W′ ebenfalls im umgekehrten Sinne von M und W zu verstehen sind. In diesem Falle, bemerkt Thomson, ist die chemische Wirkung die Quelle des Stromes, anstatt Folge desselben; die Scheibe giebt einen Arbeitseffect als electromagnetische Maschine, anstatt dafs Arbeit verwendet würde, um sie als magnetelectrische Maschine im Gang zu halten. Der letzte Ausdruck für W′ zeigt, dafs diese Arbeit immer kleiner ist, als M′, welches den ganzen, der chemischen Zersetzung äquivalenten Effect ausdrückt. Wenn ω nur um Weniges kleiner als Ω ist, so dafs nur ein äufserst schwacher negativer Strom im Gange bleibt, ist der mechanische Effect auch sehr nahe der chemischen Zersetzung äquivalent.

Wenn man, sagt Thomson, als Einheit der electromotorischen Kraft diejenige annimmt, welche in einem Leiter von der Länge Eins rege wird, wenn derselbe rechtwinklig auf seine eigene Richtung und auf die Richtung der Kraftlinien im magnetischen Felde mit der Einheit der Geschwindigkeit bewegt wird, so berechnet sich die electromotorische Kraft der oben beschriebenen Scheibe zu $\frac{1}{2} r^2 F \omega$, was, für den Fall des Gleichgewichts mit der chemisch-electromotorischen Kraft, nach Gleichung **(2)** auch durch $I = A \cdot \vartheta \cdot c$ **(3)** gegeben werden kann.

Von dieser letzteren Gleichung macht Thomson zwei Anwendungen auf die Berechnung der einem Daniell'schen Elemente inwohnenden, sowie der zur Wasserzersetzung erforderlichen electromotorischen Kraft in absolutem Mafse. Das electrochemische Aequivalent c, d. h. diejenige Anzahl von engl. Gran, welche durch die Einheit der Stromkraft in einer Secunde ausgeschieden werden, findet Thomson

nach Beobachtungen, welche ihm Joule, (1) mitgetheilt hat, für Zink = 0,07284, für Wasserstoff = 0,002201, während die Verbrennungswärme ϑ dieser beiden Körper 769 und 33553 ist. Das mechanische Aequivalent A der Wärmeeinheit ist gleich der zur Hebung von 1 Gran auf 1390 Fufs, oder, wenn man, wie bei den eben angeführten electrochemischen Aequivalenten, die Kraft zur Einheit nimmt, welche einem Gran Masse in einer Secunde eine Geschwindigkeit von 1 Fufs ertheilt, so ist $A = 1390 . 32{,}2 = 44758$. Somit ergiebt sich aus der Formel **(3)**

Mechanischer Effect der Electricität durch Wärmeentwickelung.

für ein Daniell'sches Element : $J = 2{\cdot}507{\cdot}100$
für Wasserzersetzung : $J = 3{\cdot}305{\cdot}400$

wonach also Ein Daniell'sches Element zur Wasserzersetzung nicht ausreicht.

Faraday hatte in einer 1832 publicirten *Bakerian lecture* Betrachtungen über den inducirenden Einflufs des Erdmagnetismus auf an der Erdoberfläche bewegte Massen, wie z. B. auf das die Themse hinabfliefsende Wasser, sowie über den Einflufs der rotirenden Erde selbst auf den umgebenden Raum angestellt. W. Thomson unterwirft diese Fragen der Rechnung, weist nach, warum Faraday's Versuche kein Resultat haben konnten, und macht Vorschläge, wie der inducirende Einflufs der Fluthwelle im Canal an dem von Dover nach Calais gelegten Telegraphendraht zu beobachten sei. Er berechnet unter gewissen vereinfachenden Voraussetzungen den inducirenden Einflufs der rotirenden Erde auf einen rechtwinklig gestalteten Leiter, dessen Ecke im Mittelpunkte der Erde, dessen einer Endpunkt im Aequator, der andere im Pol gelegen wäre, und findet, dafs die hierdurch erzeugte electromotorische Kraft bei weitem nicht hinreichend sei, um Ströme einzuleiten, welche, die Atmosphäre durchbrechend, vom Pole zum Aequator zurückzukehren vermöchten.

(1) Phil. Mag. [4] II, 442.

Mechanischer Effect der Electricität durch Wärmeentwickelung.

In einer folgenden Abhandlung berechnet Thomson (1) mittelst der Gleichung **(3)** nochmals die electromotorische Kraft eines Daniell'schen Elementes mit Zugrundelegung der von Andrews (2) gefundenen Werthe, wonach die ganze Wärmewirkung eines in einer solchen Kette aufgelösten Grans Zink = 788,4, die allein von der Oxydation und Desoxydation herrührende Wärmewirkung gleich 712,4 ist. Die erste Zahl giebt 2·570·300, die zweite 2·322·550 für die electromotorische Kraft. Für diejenige eines Smee'schen Elementes (Zink und platinirtes Silber in verdünnter Schwefelsäure) findet Thomson 2·056·200 oder 853·190, je nachdem die ganze Wärmewirkung des gelösten Zinks, oder nur die von der Oxydation des Zinks und der Desoxydation des Wasserstoffs ausgehende in Rechnung genommen wird.

Von diesen Zahlen müfste noch der chemische Widerstand in der Kette (Polarisation) in Abzug gebracht werden, um die äufsere mechanische Wirkung für sich zu haben. In einer Kette, welche aus Zink und einem weniger oxydirbaren Metall gebildet ist, kann die dauernd wirkende electromotorische Kraft über die Zahl 2·056·200 nicht hinausgehen. Poggendorff hat die electromotorische Kraft einer Zink-Zinnkette nur halb so grofs, als die einer Zink-Kupferkette, also nicht ganz halb so grofs, als einer Smee'schen Kette gefunden. Dieser aufserordentlich grofse Verlust an äufserer mechanischer Wirkung mufs durch Wärmeentwicklung innerhalb der Kette vertreten sein.

Um auch den Widerstand in einer galvanischen Kette in absolutem Mafse auszudrücken, geht Thomson von dem Satze aus, dafs der Widerstand in einem metallischen Leiter gegeben ist durch das mechanische Aequivalent der in der Zeiteinheit durch die Stromeinheit entwickelten Wärmemenge. Ist H die bei der Stromstärke γ und der elec-

(1) Phil. Mag. [4] II, 551. — (2) Phil. Mag. [3] XXXII, 321. 426.

tromotorischen Kraft F entwickelte Wärmemenge, so ist $A . H = F . \gamma$, und da nach dem Ohm'schen Gesetze: $\gamma = \frac{F}{K}$, so folgt $AH = K . \gamma^2$, und wenn H für die Stromeinheit *gilt*, $K = A . H$. Mittelst der Formeln: $s = \frac{Ka}{l}$ und $s' = \frac{Km}{l^2}$, worin l die Länge, a den Querschnitt und m die Masse eines Leiters bedeutet, reducirt Thomson den Widerstand auf die Einheit des Volums oder der Masse. Er gelangt, indem er Beobachtungsresultate von Joule, Becquerel u. A. zu Grunde legt, welche man in der Abhandlung selbst vergleichen kann, zu den folgenden Resultaten :

Mechanischer Effect der Electricität durch Wärmeentwickelung.

Metall	s	s'
Jacobi's Kupferdraht	2,851	10870000
Kirchhoff's Kupferdraht . . .	2,365	9225000
Weber's Kupferdraht	2,303	8778000
Draht von galvan. niedergeschl. Kupfer	2,079	7924000
Kupfer bei 10° nach Joule u. Becquerel	2,080	7926000
Joule's Silberdraht bei 10° . . .	1,903	8671000
Quecksilber bei 10°	119,1	648400000

Von einer weiteren Arbeit Thomson's (1) über die mechanische Theorie thermoelectrischer Ströme, welche in ihrer Entwickelung einen Auszug nicht wohl zuläfst, geben wir nur die Sätze, von welchen der Verfasser ausgeht, sowie einige der interessanteren Folgerungen. Er sagt, Peltier's Erfahrung, dafs Wärme an der Löthstelle von Wismuth und Antimon absorbirt werde, wenn der Strom von Ersterem zu Letzterem gehe, verbunden mit Joule's Satz über die Wärmeentwicklung durch den electrischen Strom (vergl. oben S. 24) rechtfertigen die folgende Annahme : Wenn Electricität in gleichmäfsigem Strome γ durch heterogene lineare Leiter, welche auf gleicher Temperatur erhalten werden, fliefst, so ist die in einer gewissen

(1) Phil. Mag. [4] III, 529; Instit. 1852, 282; Arch. ph. nat. XXI, 54.

Mechanischer Effect der Electricität durch Wärmeentwickelung.

Zeit entwickelte Wärme durch eine Formel: $A\gamma + B\gamma^2$ auszudrücken, worin B nothwendig positiv, A aber entweder positiv oder negativ ist. Indem Thomson diesen Ausdruck seinen Entwickelungen zu Grunde legt, gelangt er unter Anderem zu der Folgerung, dafs ein electrischer Strom ungleiche Wärmewirkung hervorbringt, je nachdem er in dem nämlichen Metalle von einem wärmeren nach einem kälteren Metalle oder umgekehrt geht. Eine andere Folgerung drückt Thomson in folgenden Worten aus: Wenn ein thermoelectrischer Strom durch einen Eisenstab geleitet wird, welcher am einen Ende auf etwa 240° C. erhitzt, am andern Ende kalt erhalten wird, wenn der übrige Leitungskreis aus Kupfer besteht und entweder einen langen Widerstandsdraht (auf immer gleicher Temperatur) oder eine electromagnetische Maschine einschliefst, welche Gewichte hebt, so wird an der kalten Verbindungsstelle von Kupfer und Eisen Wärme entwickelt und es mufs eine gewisse Menge Wärme im übrigen Leitungskreise gebunden werden. Wenn keine Maschine eingeschlossen ist, welche Widerstände überwindet, so mufs die Summe der an der kalten Löthstelle und im Widerstandsdrahte entwickelten Wärme der im übrigen Kreise gebundenen gleichkommen. Im andern Falle tritt das Wärmeäquivalent der Kraftleistung der Maschine gerade an die Stelle der im Widerstandsdrahte entbundenen Wärme.

Thomson hat mit Zugrundelegung von Pouillet's vergleichenden Messungen, und indem er den specifischen Widerstand des von ihm angewendeten Kupferdrahtes $s = 2{,}25$, das electrochemische Aequivalent des Wassers $= 0{,}02$ annahm, die electromotorische Kraft eines Thermoelements von Wismuth und Kupfer, welches an den beiden Löthstellen auf 0° und 100° Temperatur erhalten wird, in absolutem Mafse ausgedrückt, gleich 16300 gefunden. Er berechnet weiter, dafs bei der Einheit des Stroms, welcher vom Wismuth zum Kupfer geht, in einer Secunde an der Löthstelle, welche auf 0° erhalten wird, so viel

Wärme absorbirt wird, als erforderlich ist, um 1 Grm. Wasser von 0° auf 1° zu erwärmen.

Bei Verbindung verschiedener Platindrähte mit Eisen und Kupfer fand der genannte Forscher, dafs dieselben in der thermoelectrischen Spannungsreihe theilweise zwischen dem Eisen und Kupfer, theilweise aber nach dem Kupfer rangirten.

Plücker und Geifsler (1) haben Versuche über die Ausdehnung des Wassers mittelst Apparaten angestellt, in welchen die Ausdehnung des Glases durch hineingebrachtes Quecksilber genau compensirt war. Eine Benutzung dieses Princips war bekanntlich schon früher versucht worden, so z. B. von Muncke (2). Bei den von Plücker und Geifsler angewendeten, sehr künstlichen, Apparaten enthielt ein innerer Cylinder, welcher an die Mefsröhre angeschmolzen war, das zur Compensirung dienende Quecksilber, so dafs die Mefsröhre selbst in das Quecksilber eintauchte; der innere Cylinder communicirte mittelst einer kleinen Oeffnung mit einem äufseren, gleichfalls an die Mefsröhre angeschmolzenen, und mit dem letzteren communicirte noch ein feines Röhrchen, durch welches der von Quecksilber nicht erfüllte Raum des inneren und des äufseren Cylinder mit der zu untersuchenden Flüssigkeit gefüllt werden konnte, worauf das feine Röhrchen abgeschmolzen wurde. Bei einigen Apparaten war sogar in den inneren Cylinder noch das Reservoir eines feinen Thermometers mit eingeschmolzen. Für jeden Apparat wurde durch Vergleichung der scheinbaren Ausdehnung des Quecksilbers mit der (nach Regnault's Bestimmung) als bekannt vorausgesetzten wahren Ausdehnung des Quecksilbers die Glasausdehnung ermittelt, und welche Quantität Quecksilber genau die Ausdehnung des Glases compensirte. Die cubische Ausdehnung des gebrauchten Glases, bei ver- Ausdehnung.

(1) Pogg. Ann. LXXXVI, 238. — (2) Gehler's physikalisches Wörterbuch, neue Bearbeitung, X, 906.

Ausdehnung. schiedenen Röhren derselben Glassorte, betrug im Mittel für 1° 0,00002818 (1), die Abweichungen bei einzelnen Röhren beliefen sich bis auf 0,0000025. — Ueber die Ausdehnung des Wassers zwischen — 4 und + 12° theilen Plücker und Geifsler bis jetzt nur die unmittelbareren Resultate der einzelnen Versuche mit, mit genauer Besprechung der möglichen Fehlerquellen und der Zuverlässigkeit der Versuche, aber ohne Discutirung und Zusammenfassung der Resultate aller Versuche zu einem bestimmten Endresultate. Die Temperatur der gröfsten Dichtigkeit des Wassers läfst sich auch nach ihnen unmöglich mit einiger Genauigkeit durch directe Beobachtung finden; sie scheint ihnen nahe bei 3°,8 zu liegen, aber für practische Zwecke unbeschadet der Genauigkeit auch = 4° angenommen werden zu können. Sie erörtern, von wie grofsem Einflufs eine Unsicherheit in dem Coëfficienten für die Ausdehnung des Glases auf die Bestimmung der Volumänderungen des Wassers in der Nähe des Dichtigkeitsmaximums ist. — Plücker und Geifsler haben auch die Ausdehnung bestimmt, welche luftfreies Wasser (in einem Glascylinder eingeschlossen, der mit einem umgebenden Cylinder communicirte, welcher mit Quecksilber gefüllt und mit einer Mefsröhre verbunden war; bei dem Gefrieren des Wassers zersprang der innere Cylinder) bei dem Gefrieren zeigt, und die cubische Ausdehnung des Eises. Die letztere wurde nach Versuchen zwischen — 24 und — 7° im Mittel = 0,0001585 für 1° gefunden (2); der Coëfficient der Ausdehnung des Wassers, wenn es zu Eis von 0° gefriert, im Mittel aus den genauer unter einander stimmenden Resultaten = 0,09195.

(1) Welche Verschiedenheit in der Ausdehnung verschiedene Glassorten zeigen können, ergiebt sich augenfällig aus der Vergleichung dieses sich stark ausdehnenden Glases mit einem von H. Kopp (Jahresber. f. 1851, 55) untersuchten Kaliglas, für welches zahlreiche Bestimmungen die Ausdehnung zwischen 0,0000203 und 0,0000209 ergaben. — (2) Frühere Bestimmungen über die Ausdehnung des Eises vgl. Jahresber. f. 1847 u. 1848, 60.

Frankenheim (1) hat aus Pierre's Versuchen über die Ausdehnung des Wassers (2) Interpolationsformeln berechnet. Das wahre Volum des Wassers bei t°, das bei 0° = 1 gesetzt, findet Frankenheim bei Berechnung der, verschiedene Temperaturintervalle umfassenden, einzelnen Versuchsreihen ausdrückbar durch Ausdehnung.

1) $1 - 0{,}00009417t + 0{,}000001449t^2 - 0{,}0000005985t^3$ zwischen — 13 u. 0°
2) $1 - 0{,}00006284t + 0{,}000008716t^2 - 0{,}0000001004t^3$ zwischen 1 u. 7°
3) $1 - 0{,}00006120t + 0{,}000008174t^2 - 0{,}0000000570t^3$ zwischen 3 u. 18°
4) $1 - 0{,}00006756t + 0{,}000009577t^2 - 0{,}0000001328t^3$ zwischen 6 u. 13°
5) $1 - 0{,}00005601t + 0{,}000007128t^2 - 0{,}0000000055t^3$ zwischen 6 u. 14°
6) $1 - 0{,}00004222t + 0{,}000006470t^2 - 0{,}0000000180t^3$ zwischen 21 u. 57°
7) $1 - 0{,}00003310t + 0{,}000006223t^2 - 0{,}00000001527t^3$ zwischen 55 u. 98°

Frankenheim hat hiernach eine Tabelle für das Volum des Wassers bei verschiedenen Temperaturen berechnet, die wir hier auszugsweise mittheilen :

— 15°	1,0037584	5°	0,9998903	25°	1,0027075	45°	1,0095625	65°	1,0199465	85°	1,0327692
— 10	1,0016851	10	1,0001482	30	1,0040710	50	1,0118150	70	1,0229376	90	1,0362943
— 5	1,0005819	15	1,0007275	35	1,0056770	55	1,0143596	75	1,0260782	95	1,0399247
0	1,0000000	20	1,0015940	40	1,0075120	60	1,0171180	80	1,0293600	100	1,0436490

Frankenheim vermuthet, in höheren Temperaturen möge die Ausdehnung des Wassers etwas gröfser sein, als Pierre gefunden; indefs ist das Gegentheil hiervon viel wahrscheinlicher (3). Die Formel 2) ergiebt das Maximum der Dichtigkeit des Wassers bei 3°,86. Eine Formel zu finden, durch welche das Volum des Wassers für jede Temperatur zwischen — 15 und 100° ausdrückbar sei, glückte auch Frankenheim nicht.

Pohl und Schabus (4) haben Tafeln zur Reduction der in Millimetern abgelesenen Barometerstände auf 0° berechnet, mit Zugrundelegung von Regnault's (5) Bestimmung der Ausdehnung des Quecksilbers.

J. Wilson (6) erneuerte den schon oft (7) gemachten Vorschlag, hohe Temperaturen so zu messen, dafs man sie Thermometrie.

(1) Pogg. Ann. LXXXVI, 451; im Ausz. Ann. ch. phys. [3] XXXVII, 74. — (2) Jahresber. f. 1847 u. 1848, 61. — (3) Vgl. Jahresber. f. 1851, 53. — (4) Wien. Acad. Ber. VIII, 275. — (5) Jahresber. f. 1847 u. 1848, 70. — (6) Aus Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Birmingham, in Phil. Mag. [4] IV, 157. — (7) Vgl. Gehler's physikalisches Wörterbuch, neue Bearbeitung, IX, 1017 f.

Thermometrie.

einem feuerbeständigem Körper (er schlägt aufser Platin noch feuerfesten Thon vor) mittheilt, diesen rasch in Wasser bringt, dessen Temperaturerhöhung mifst, und aus dieser, der specifischen Wärme des erhitzten Körpers und den Gewichten des letztern und des Wassers die gesuchte Temperatur berechnet. — E. Becquerel (1) hat Mittheilungen über eine Uhr gemacht, deren Pendel ein grofses Thermometer trägt, so dafs bei höherer Temperatur mehr Quecksilber über die Schwingungsaxe des Pendels steigt, und die Schwingungen desselben dadurch verlangsamt werden; mittelst dieser Thermometeruhr soll, durch Vergleichung ihres Ganges mit dem einer guten Uhr, für einen bestimmten Zeitabschnitt sich die mittlere Temperatur desselben ableiten lassen.

Spec. Wärme.

Es ist schon früher bemerkt worden, dafs das Product aus der specifischen Wärme einer Verbindung mit ihrem Atomgewicht oft nahe gleich ist der Summe der Producte, welche sich für die darin enthaltenen Elemente aus den specifischen Wärmen und den Atomgewichten ergeben (2). Da bei den Elementen das Product aus der specifischen Wärme in das Atomgewicht (namentlich bei den Annahmen für die Atomgewichte mehrerer Elemente, wie sie Regnault gerade auf Grund seiner Untersuchungen über die specifische Wärme machte) nahezu eine constante Gröfse ist, so mufs in jenen Fällen auch bei Division des für eine Verbindung gefundenen Products durch die Anzahl der in derselben enthaltenen Atome sich eine Zahl ergeben, welche dieser constanten Gröfse nahe kommt. Ch. Garnier (3) hat diesen Satz in folgender Form ausgesprochen. Wenn man das Atomgewicht einer Verbindung durch die Zahl der darin enthaltenen elementaren Atome dividirt, so giebt

(1) Compt. rend. XXXV, 754; Instit. 1852, 378. — (2) Vgl. L. Gmelin's Handbuch d. Chemie, 4. Aufl., I, 222 f.; Jahresber. f. 1847 u. 1848, 85. — (3) Compt. rend. XXXV, 278; Instit. 1852, 270; Pharm. Centr. 1852, 769; Ann. Ch. Pharm. LXXXIV, 129; vgl. Arch. ph. nat. XXI, 145.

der Quotient, das *mittlere Atomgewicht* (1), mit der specifischen Wärme der Verbindung multiplicirt nahezu dieselbe Zahl, welche auch das annähernd constante Product aus der specifischen Wärme und dem Atomgewicht bei den Elementen *ist*; oder : bei den Verbindungen verhalten sich *die* specifischen Wärmen umgekehrt wie die mittleren Atomgewichte. Das Atomgewicht des Wasserstoffs, Chlors, Jods und Fluors, des Silbers, Natriums, Kaliums, Antimons u. a. nimmt Garnier zu diesen Berechnungen, Regnault's Vorgang folgend, nur halb so grofs als ihr Aequivalentgewicht an. Unter dieser Voraussetzung ist das mittlere Atomgewicht des Wassers $= \frac{9}{3} = 3$, das des Schwefelantimons (dessen Formel $= Sb_2S_3$ angenommen wird) $= \frac{177,3}{5} = 35,5$, u. s. f. Für verschiedene Verbindungen, als Repräsentanten verschiedener Zusammensetzungsverhältnisse, findet Garnier so, mit Benutzung von Regnault's Bestimmungen der specifischen Wärme (die von Garnier gebrauchten Atomgewichte sind hier auf O = 8 reducirt) : Spec. Wärme.

	Atomgew.	Mittleres Atomgew.	Specif. Wärme	Product		Atomgew.	Mittleres Atomgew.	Specif. Wärme	Product
Bleioxyd	111,5	55,8	0,051	2,84	Quecksilberchlorür	235,4	58,8	0,052	3,06
Chromoxyd	80,3	16,1	0,179	2,88	Chlorblei	139,0	46,3	0,066	3,06
Schwefelblei	119,6	59,8	0,050	2,99	Bromblei	181,8	60,6	0,053	3,21
Schwefelantimon	177,3	35,5	0,084	2,98	Quecksilberjodür	326,9	81,7	0,039	3,18
Schwefelsilber	124,0	41,3	0,074	3,06	Quecksilberjodid	226,9	75,6	0,041	3,10

Das Product aus dem Atomgewicht in die specifische Wärme nähert sich bei den Elementen bekanntlich auch der Zahl 3. Die letztere Zahl, die nach der angeführten Betrachtungsweise aus dem mittleren Atomgewicht des Wassers folgt, legt Garnier zu Grunde, und giebt für die specifische Wärme W eines Elements vom Atomgewicht A oder einer Verbindung vom mittleren Atomgewicht A die

(1) Den Begriff des mittleren Atomgewichts früher schon (Ann. ch. phys. [3] XII) aufgestellt zu haben, reclamirt W. Wertheim (Compt. rend. XXXV, 300).

Spec. Wärme allgemeine Formel $W = \frac{3}{A}$. Die Rechnungen stimmen mit den Resultaten der Erfahrung ziemlich gut bei den basischen Oxyden, den Schwefelmetallen und den Haloïdsalzen, weniger gut bei den Metallsäuren und den Sauerstoffsalzen, wo die Rechnung meistens erheblich zu grofse Werthe ergiebt.

Mechanische Leistung verschiedener Dämpfe.

J. Apjohn (1) hat mit Bezug auf die Frage, ob Wasserdämpfe in den Dampfmaschinen mit Vortheil durch die Dämpfe anderer Flüssigkeiten ersetzt werden könnten, berechnet, wie viel Wärme diese Dämpfe bei gleicher mechanischer Leistung im Verhältnifs zu denjenigen des Wassers erfordern. Freilich hängt hiervon allein die Beantwortung der obenberührten Frage nicht ab, da jene Flüssigkeiten einmal in der Anschaffung kostbar sind und ferner ihre Dämpfe bei gewöhnlicher Temperatur eine beträchtliche Spannkraft besitzen und hieraus ein nachtheiliger Widerstand entsteht, welchen das Wasser vermöge seiner vollkommneren Condensation nicht bietet. Man hat, um die für gleiche mechanische Leistung erforderliche Wärmemenge zu finden, und wenn man dabei von der Temperatur von 60° F. ausgeht, die Formel

$$m\,c\,(t - 60 + l) = W$$

anzuwenden, worin m die Gewichte gleicher Dampfvolume bei dem Siedepunkt der betreffenden Flüssigkeiten, c die specifische Wärme, t den Siedepunkt der letzteren, und l die Verdampfungswärme beim Siedepunkt bedeutet.

Apjohn wendet folgende Zahlen an, worin die Temperaturen sich auf die Fahrenheit'sche Scala beziehen:

Flüssigkeit	Spec. Gew., das der Luft beim Siedep. d. Flüssigkeit als Einheit	Sp. Gew. beim Siedep., das der Luft bei 60° F. als Einheit	Gewichte gleicher Dampfvolume	Siedepunkt	Specif. Wärme	Latente Wärme
Wasser .	0,622	0,480	1,000	212°,0	1°,00	961°,8
Holzgeist .	1,120	0,950	1,979	151°,7	0°,67	475°,2
Alkohol .	1,613	1,322	2,754	172°,4	0°,64	374°,4
Aether . .	2,586	2,397	4,993	100°,4	0°,50	163°,8

(1) Chem. Gaz. 1852, 396.

Daraus berechnen sich folgende Werthe von W nach der obigen Formel; in der zweiten Spalte ist der für das Wasser zur Einheit genommen: Mechanische Leistung verschiedener Dämpfe.

Wasser	1129,0	1,000
Holzgeist	764,8	0,676
Alkohol	875,5	0,775
Aether	534,7	0,473

Man sieht also, dafs andere Flüssigkeiten jedenfalls eine weit geringere Menge von Brennmaterial zur Hervorbringung derselben elastischen Kraft erfordern.

Hygrometrie.

Regnault hatte in einer im Jahre 1845 publicirten Arbeit (1) über Hygrometrie die Vorzüge der vier Classen von Hygrometern, nämlich 1) der chemischen Hygrometer, 2) derjenigen, welche sich auf die Verlängerung einer organischen Substanz unter dem Einflufs der Feuchtigkeit gründen, 3) der Condensationshygrometer, 4) des Psychrometers, — gegeneinander abgewogen, und die Grenzen ihrer Anwendbarkeit bestimmt. Wir verweisen in dieser Beziehung, sowie bezüglich der Beschreibung zahlreicher Vervollkommnungen, welche Regnault den Hygrometern der drei ersten Klassen, namentlich aber dem Condensationshygrometer, gegeben hat, auf die angeführte Abhandlung. In einer neueren Arbeit Regnault's (2) findet sich in dieser Beziehung noch der Zusatz, dafs man den von ihm früher an dem Condensationshygrometer angewendeten Aspirator durch einen Brunner'schen Doppelaspirator zum Umwenden ersetzen möge. Gebe man jedem der Gefäfse desselben einen Gehalt von 10 bis 15 Liter, so könne man 20 bis 30 Beobachtungen machen, ohne umwenden zu müssen. Man soll zur Füllung des Hygrometers im Winter Aether, im Sommer Holzgeist anwenden und durch Verbindung des Hygrometergefäfses mit einem gröfsern Reservoir den Ersatz der verdampfenden Flüssigkeit sichern.

(1) Ann. ch. phys. [3] XV, 129; im Ausz. Ann. Ch. Pharm. LVI, 163. — (2) Ann. ch. phys. [3] XXXVII, 257 (1853); im Ausz. Compt. rend. XXXV, 930; Instit. 1853, 13; Pogg. Ann. LXXXVIII, 420.

Hygrometrie. Zum Anstellen zahlreicher fortlaufender Beobachtungen ist nur das August'sche Psychrometer geeignet. Regnault giebt ausführlich die Entwickelung der strengen Formel, wonach aus den beiden abgelesenen Temperaturen und dem Barometerstande die herrschende Dampfspannung berechnet wird, und zeigt, dafs es erlaubt sei, durch eine Reihe von Vereinfachungen auf die August'sche Formel

$$x = f' - A\,(t - t')\,H$$

zurückzukommen, worin t und t' die Temperaturen des trockenen und des benetzten Thermometers, f' das Maximum der Spannkraft bei der letzteren Temperatur, H den Barometerstand, beide ausgedrückt in Millimetern, bedeuten und A nach August unter diesen Umständen = 0,0006246 zu setzen wäre. Die zahlreichen Vergleichungen, welche Regnault in Paris und Izarn auf den Pyrenäen eine Reihe von Jahren hindurch zwischen den Angaben des Psychrometers und den genauen Messungen der Feuchtigkeit nach der chemischen Methode angestellt haben, hatten zum Zweck, auszumitteln, ob die August'sche Formel unter verschiedenen äufsern Umständen überhaupt noch anwendbar erscheine und ob sie noch richtige Resultate liefere, wenn A der oben theoretisch abgeleitete Werth gegeben werde. Die erste Frage ist nach dem Ergebnifs dieser ausgedehnten und sorgfältigen Untersuchung zu bejahen, die zweite zu verneinen.

Schon in seiner ersten Arbeit hatte Regnault hervorgehoben, dafs die bei Ableitung der August'schen Formel vorausgesetzten Bedingungen — nämlich, dafs die das benetzte Thermometer umgebende Luftschichte stets mit Feuchtigkeit gesättigt sei, mit dem Thermometer gleiche Temperatur habe und sich mit unbegrenzter Geschwindigkeit erneuere — niemals vollständig erfüllt seien, dafs namentlich die Geschwindigkeit der Luftströmung, welcher das Instrument ausgesetzt sei, die Strahlung der umgebenden Gegenstände, die absolute Höhe der Temperatur und des Feuchtigkeitsgrades, auf das Resultat nicht ohne Einflufs

seien. Er hält es indessen für gerathen, mit Umgehung der von Walferdin und Belli gemachten Vorschläge, welche das Verfahren nur compliciren würden, die August'sche Formel als empirischen Ausdruck beizubehalten und die Constante A für jede besondere Aufstellung eines Psychrometers durch genaue Vergleichung mittelst der chemischen Methode festzustellen. Hygrometrie.

Die folgenden Zahlen lassen erkennen, wie ungleich dieser Coëfficient unter verschiedenen Umständen ausfällt:

In einem kleinen geschlossenen Zimmer	0,00128
In einem grofsen geschlossenen Saale	0,00100
Eben da, wenn zwei gegenüberliegende Fenster offen standen .	0,00077
In einem grofsen, von hohen Gebäuden umgebenen Hofe, das Psychrometer gegen Norden frei	0,00074
In dem Hofe eines Wirthshauses auf den Pyrenäen . .	0,00090

Regnault ermahnt die beobachtenden Meteorologen dringend, die Constante A für ihre Instrumente zu bestimmen, ehe sie fortfahren, Beobachtungen zu häufen, welche der Wissenschaft eher schädlich, als nützlich seien. Man solle die Bestimmung bei Feuchtigkeitsgraden vornehmen, welche möglichst weit vom Sättigungspunkte abstehen, und zwar für zwei verschiedene Lagen der Thermometerscale. Wenn das Psychrometer in einem weiten Raume aufgestellt und vor heftiger Luftbewegung geschützt sei, werde man höchstens Fehler von $1/40$ in der Bestimmung des Sättigungsgrades zu befürchten haben.

Welsh (1) hat bei zwei Luftfahrten (am 17. und 26. August 1852) zahlreiche Beobachtungen des Barometers, Thermometers und Hygrometers vorgenommen und gefunden, dafs die Spannung des Wasserdampfs von der Erde aus regelmäfsig abnahm, bis zu einer gewissen Grenze, wo sie sich *plötzlich* auf ihren kleinsten Werth verminderte. Einmal fand diefs in 1523 Meter, das anderemal in 2438 Meter Höhe statt. Gerade an diesen Grenzen zeigte sich das Thermometer auf eine gewisse Höhe hin stationär.

(1) Instit. 1852, 382.

Hygrometrie. Auch von Launoy (1) ist die Beschreibung seiner Messungen und Beobachtungen während einer Luftfahrt am 2. December 1852 mitgetheilt worden.

J. Newman (2) hat ein Instrument angegeben, welches dienen soll, die von einer gewissen, der Luft ausgesetzten Wasserfläche in gegebener Zeit verdampfende Wassermenge zu meteorologischen Zwecken zu messen.

Wärmeleitung. Die mathematische Analyse der Wärmeleitung hat den Ausdruck: $y = A e^{ax} + B e^{-ax}$ für die stationären Temperaturen eines Metallstabes gegeben, welcher an seinem einen Ende einer constanten Wärmequelle ausgesetzt ist. Durch seine experimentellen Studien ist Gouillaud (3) zu folgenden Resultaten gelangt: 1) wenn alle übrigen Umstände gleich bleiben, so ändert sich A mit der Länge des Stabes, und zwar nimmt es in geometrischer Reihe ab, wenn die Stablänge in arithmetischer Reihe zunimmt. 2) Wenn die Länge des Stabes unverändert bleibt, nimmt A proportional mit dem Temperaturüberschufs der Wärmequelle über die Umgebung ab und zu. — Hiernach kann $A = K T m^l$ gesetzt werden, wo l die Stablänge, T jenen Temperaturüberschufs bedeutet und K und m von der Natur der wärmeleitenden Substanz und der Stabdicke abhängige Gröfsen sind. Da ferner $B = T - A$, so wird der obige Ausdruck: $y = K T m^l (e^{ax} - e^{-ax}) + T . e^{-ax}$. Für eine sehr bedeutende Stablänge reducirt sich dieser Ausdruck, da m ein ächter Bruch ist, auf $y = T . e^{-ax}$. Gouillaud fügt einige seiner zahlreichen Versuchsreihen zum Belege seiner Schlüsse bei.

Im Jahre 1845 hatte Langberg (4) Versuche über Wärmeleitung in dünnen Metallstäben mittelst einer linearen Thermosäule angestellt, und er glaubte sich durch die gewonnenen Resultate berechtigt, sowohl das von Biot ent-

(1) Compt. rend. XXXV, 856; Instit. 1852, 404. — (2) Phil. Mag. [4] IV, 534. — (3) Compt. rend. XXXV, 699; Pogg. Ann. LXXXVIII, 163. — (4) Pogg. Ann. LXVI, 1.

wickelte mathematische Gesetz, als die von Despretz gegebenen bestätigenden Beobachtungen anzugreifen. Seine Schlüsse gingen dahin, dafs die Abnahme der Temperaturüberschüsse in geometrischer Progression (an einer am einen Ende erwärmten Metallstange, an welcher der Beharrungszustand eingetreten ist), wenn die Abstände von der Wärmequelle um gleiche Differenzen wachsen, nur für sehr kleine Temperaturüberschüsse (bei Kupfer bis zu 30°, bei Zinn bis zu 4°, bei Stahl bis 2° bis 3°, bei Blei nicht bis zu 1°) richtig sei, und dafs die Ursache dieser Abweichung der Beobachtung von dem mathematischen Gesetze darin liege, dafs bei Ableitung des letzteren die innere und die äufsere Wärmeleitungsfähigkeit der Körper als unabhängig von der Temperatur betrachtet worden seien, während sie doch in der That Functionen der Temperatur seien. Die nach dem Biot'schen Gesetze abgeleiteten Wärmeleitungscoëfficienten seien demnach nur als erste Annäherungen zu betrachten, und es würden nach jener Methode immer nur für kleine Temperaturüberschüsse richtige Werthe erhalten werden können. Wärmeleitung.

Jetzt erst, nach 7 Jahren, hat Despretz (1) Veranlassung gefunden, auf die Bemerkungen Langberg's zu antworten. Er sagt, dafs seine Versuche das Gesetz der geometrischen Reihe in den Temperaturüberschüssen nicht haben bestätigen können, da die Stäbe zu kurz gewesen seien, um jeden Einflufs der Wärmequelle auf das nicht erwärmte Ende auszuschliefsen; dafs die nämlichen Versuche dagegen andere Consequenzen der Biot'schen Formel, nämlich die Unveränderlichkeit des Quotienten aus der Summe je zweier Temperaturüberschüsse, dividirt durch den dazwischen liegenden, sowie die Beziehung zwischen diesen Quotienten für zwei Stäbe aus gleicher Masse, aber von ungleicher Dicke, und den Durchmessern der-

(1) Compt. rend. XXXV, 540; Instit. 1852, 333; im Ausz. Ann. Ch. Pharm. LXXXIV, 140.

Wärmeleitung.

selben. Despretz führt zur Bestätigung dieser Aussage einige Versuchsreihen an, welche er mit Wasser, Gufseisen, Stabeisen, weifsem Marmor, lithographischem Stein, einem Bausteine *(pierre de Tonnerre)* und Tannenholz, also mit Körpern von sehr ungleicher physikalischer Beschaffenheit angestellt hat. Wir theilen die einzelnen Beobachtungsresultate nicht mit, da Despretz demnächst in einer definitiven Redaction darauf zurückkommen will. Bei Allen ergab sich die obenerwähnte Constanz der Quotienten.

Während die Leitungsfähigkeit des Wassers für die Electricität durch Zusatz eines Salzes oder einer Säure so wesentlich geändert wird, fand Despretz, dafs ein Gleiches bezüglich der Wärmeleitung nicht stattfindet. Reines Wasser, solches, welches 3,6 pC. Chlornatrium, und endlich solches, welches 10,7 pC. enthielt, leitete die Wärme gleich gut.

Wärmeleitung in Steinarten.

Es fehlte bis jetzt noch fast ganz an directen Versuchen über die Wärmeleitungsfähigkeit verschiedener Steinarten. Helmersen (1) hat Bestimmungen der Art an Stäben von 18 engl. Zoll Länge und 1,5 Zoll Breite vorgenommen, in welche in Abständen von 2,625 Zoll Vertiefungen eingebohrt waren, um Quecksilber und, in dieses eintauchend, die Gefäfse der Thermometer aufzunehmen. Das eine Ende der Stäbe wurde mittelst kochenden Wassers erhitzt. Die folgende Tafel enthält die Resultate der Versuche, und zwar die Temperaturangabe nach der Réaumur'schen Scale :

(1) Petersb. Acad. Bull. X, 117; Instit. 1852, 281; Pogg. Ann. LXXXVIII, 461; im Ausz. Ann. Ch. Pharm. LXXXIV, 141.

Name der Steinarten	Zeit für Herstellung einer constanten Temperatur		Endtemperatur der Thermometer				Temp. des Zimmers	Temp. des sied. Wassers	Unterschied zwischen der Temp. d. Luft und d. Therm. Nr. 1
			Nr. 1	Nr. 2	Nr. 3	Nr. 4			
	St.	Min.							
Weifser Gangquarz	1	55	27°,05	19°,4	16°,7	15°,7	14°,6	80°,1	12°,45
Quarzreicher Glimmerschiefer . .	1	30	25°,6	18°,2	15°,8	14°,8	14°,1	80°,3	11°,5
Feinkörniger Granit	2	—	23°,7	17°,5	15°,9	15°,4	15°,1	80°,3	8°,6
Weifser feinkörniger Marmor . . .	2	20	23°,1	17°,1	15°,85	15°,4	15°,0	80°,1	8°,1
Aphanitporphyr .	2	25	23°,1	16°,75	15°,3	14°,9	14°,55	80°,2	8°,55
Harter Serpentin .	2	40	22°,6	16°,9	15°,7	15°,2	14°,75	80°,2	7°,85
Feinkörniger Sandstein	2	30	22°,5	16°,1	14°,85	14°,5	13°,8	80°,2	8°,7
Grauer dichter Kalkstein	2	20	21°,9	16°,25	14°,9	14,°5	14°,15	80°,2	7°,75

Wärmeleitung im Boden.

Auf Veranlassung Rudberg's waren seit Ende 1837 fortlaufende Beobachtungen der Bodenwärme in dem am südlichen Ende der Stadt Upsala gelegenen Garten des chemischen Laboratoriums 50 Fufs über der Meeresfläche angestellt worden. Ångström (1) publicirt nun die bis zu Anfang des Jahres 1846 gewonnenen Resultate und vergleicht dieselben mit den Schlufsfolgerungen der Theorie. *Die Tiefen in der folgenden Tafel sind in schwedischen* Fufsen, die Temperaturen in Celsius'schen Graden angegeben.

Tiefe	Maximum	Zeit des Eintritts	Minimum	Zeit des Eintritts	Gröfse der Schwankung
2,1	16°,2	Ende Juli	— 0°,8	4. März	17°,0
4	14°,0	18. August	1°,1	30. März	12°,9
6	12°,4	31. August	2°,1	10. April	10°,3
10	10°,2	23. September	3°,8	26. April	6°,4

Hieraus ergiebt sich die Geschwindigkeit der Wärmefortpflanzung, ausgedrückt durch die Anzahl Tage, welche zum Durchdringen einer Schichte von 1 schwedischen Fufs Dicke erfordert wurden :

	für das Maximum	für das Minimum
zwischen 2 und 4 Fufs		14,1
„ 4 „ 6 „	6,2	5,5
„ 6 „ 10 „	5,9	3,9

(1) Acta regiae soc. Upsalensis [3] I, 147 (1851).

Wärmeleitung im Boden.

Ångström behandelt mit Benutzung des vorhandenen Beobachtungsmaterials die jährlichen, sowie die säcularen Aenderungen der Temperatur in verschiedenen Tiefen und findet in letzterer Beziehung, dafs die Schwankungen um den Mittelwerth, welche sich auf Zeiträume von mehreren Jahren erstrecken, obgleich sie sich höchstens auf den zehnten Theil der jährlichen Schwankungen belaufen, sich doch in beträchtlicheren Tiefen fühlbar machen, als die letzteren.

Aus den theoretischen Entwickelungen, welche Ångström folgen läfst, leitet er unter Anderem — 73°,3 als die untere Grenze für die Temperatur des die Erde umgebenden Weltraumes ab.

Roget (1) hat im Jahr 1851 vergleichende Temperaturbeobachtungen mit zwei Thermometern angestellt, deren eines nur einen Centimeter tief in die obere Erdschichte versenkt, das andere im Schatten einen Meter hoch über dem Boden aufgehängt war. Das erstere stand, mit Ausnahme weniger Fälle, kurz nach Regen immer höher als das zweite. Die Stunden von Sonnenaufgang an als Abscissen, die Unterschiede im Thermometerstande als Ordinaten aufgetragen, erhält man eine Curve, welche anfänglich die Abscissenaxe berührt, dann ansteigt, um 2 Uhr Nachmittags ein Maximum erreicht, gegen Sonnenuntergang sich der Axe wieder sehr nähert und am nächsten Morgen dieselbe wieder berührt. An sehr hellen und heifsen Tagen stieg die gröfste Differenz bis zu 14°. Abwechslungen von heiterem und bewölktem Himmel drücken sich als Biegungen der Curve aus.

Wärmestrahlung.

Während schon längere Zeit durch die Untersuchungen von Mariotte, de la Roche und Melloni bekannt ist, dafs die Wärmequellen bei verschiedenen Temperaturen qualitativ verschiedene Wärme aussenden, d. h. solche, welche von diathermanen Substanzen in ungleichem Ver-

(1) Instit. 1852, 69.

hältnisse durchgelassen wird, haben Provostaye und P. Desains (1) neuerdings gefunden, dafs diefs auch noch für verschiedene Körper von gleicher Temperatur gilt. — Ein mit Oel von 173° gefülltes Gefäfs von Kupferblech war auf seiner vorderen Seite zur Hälfte mit Zinnober, zur anderen Hälfte mit Kienrufs überzogen. Das Verhältnifs der directen Strahlungen war 0,83; dasjenige der durch eine dünne Glasplatte gegangenen Strahlen 0,67; bei späteren Versuchen (2) ergab sich das Verhältnifs der directen Strahlung von schwefelsaurem Bleioxyd und Glas bei 310° gleich 0,74; dagegen das Verhältnifs der durch eine dicke Glasplatte dringenden Strahlen gleich 0,40. Die beiden genannten Substanzen haben zudem bei 100° ein beinahe gleiches Ausstrahlungsvermögen. Wärmestrahlung.

Wilhelmy war in seinen theoretischen Untersuchungen über die Wärme (3) zu dem Schlusse gelangt, dafs die Durchstrahlbarkeit der Körper für die Wärme von dem Abstand der Molecüle und demnach auch von der Temperatur derselben abhängig sei. Um diese Folgerung auf eine experimentelle Probe zu stellen, untersuchte Wilhelmy (4) *die Diathermasie des Glases bei verschiedenen* Temperaturen. — Als Wärmequelle diente eine Argand-sche Lampe mit Glasschornstein und constantem Oelniveau, deren Flamme, um einer Unveränderlichkeit der Wärmefarbe sicher zu sein, immer auf gleicher Stärke gehalten und häufigen Controlmessungen bezüglich ihrer constanten Temperatur unterworfen wurde. — Die Glasplatte, deren Diathermasie untersucht wurde, war 6,8 Millimeter dick; sie wurde in einem Luftbade von Schwarzblech mit doppelten Abhängigkeit der Diathermasie von der Temperatur.

(1) Compt. rend. XXXIV, 951; Instit. 1852, 197; Pogg. Ann. LXXXVI, 464; Ann. Ch. Pharm. LXXXIV, 142. — (2) Instit. 1852, 272. — (3) Versuch einer mathematisch-physikalischen Wärmetheorie, Heidelberg 1850; vgl. auch Jahresber. f. 1851, 45. — (4) Pogg. Ann. LXXXV, 217; im Ausz. Ann. Ch. Pharm. LXXXIV, 143; Arch. phys. nat. XX, 139.

Abhängigkeit der Diathermasie von der Temperatur.

Wänden in einem von dem Mefsapparate hinlänglich entfernten Theil des Zimmers auf die erforderliche Temperatur gebracht, 10 bis 15 Minuten auf derselben erhalten und dann rasch zwischen die Wärmequelle und die Thermosäule eingeschaltet. Ihre Diathermasie bei gewöhnlicher Temperatur wurde anfänglich und nach den Messungen bei höherer Temperatur noch mehrmals untersucht, um sicher zu sein, dafs das Glas keine dauernde Veränderung erlitten hatte. — Die Beobachtungen bei jedem einzelnen Versuche nahmen folgenden Gang: 1) Ablenkung durch directe Strahlung der Lampe $= A'$; 2) Glasplatte allein $= a'$; 3) Glasplatte und Lampenflamme $= \alpha$; 4) Glasplatte allein $= a''$; 5) Lampe allein $= A''$. Wilhelmy nahm alsdann die arithmetischen Mittel $a = \frac{a' + a''}{2}$ und $A = \frac{A' + A''}{2}$ und betrachtete $\alpha - a$ als den Ausschlag, welchen die bei der Temperatur T der Glasplatte von ihr durchgelassene Lampenwärme erzeugte. Es ist alsdann $D = \frac{\alpha - a}{A} . 100$ der Ausdruck ihrer Wirkung in Procenten der directen Strahlung, also auch der Diathermasie der Platte bei der gedachten Temperatur.

Es ergab sich, dafs die Diathermasie, welche bei gewöhnlicher Temperatur zu 63,5 pC. gefunden wurde, mit wachsender Temperatur zunahm, wie Wilhelmy schon aus theoretischen Gründen erwartet hatte. Die folgende Tafel, in welcher die von dem genannten Physiker in mehreren Reihen mit abwechselnd steigender und fallender Temperatur gefundenen Werthe im Mittel zusammengezogen sind, giebt ein deutliches Bild dieser Aenderung:

Temperatur	Diathermasie	Temperatur	Diathermasie
Gewöhnl. Temp.	63,5	120°	68,0
40°	65,7	140°	68,5
55°	66,1	150°	69,0
65°	66,3	160°	69,8
80°	66,8	170°	69,2
100°	67,9	180°	71,4

Abhängigkeit der Diathermasie von der Temperatur.

Um sich zu versichern, ob nicht eine merkliche Ungenauigkeit aus der Abkühlung der Glasplatte zwischen der zweiten und dritten, sowie zwischen der dritten und vierten der obigen Ablesungen entstehe, stellte Wilhelmy eine zweite Versuchsreihe nach einer abgeänderten Methode an, indem er anstatt der Ablenkungen die ersten Ausschläge beobachtete und diese mittelst einer besonderen Tabelle auf stationäre Ablenkungen reducirte. Die Glasplatte wurde auf eine bestimmte Temperatur T gebracht und der erste Ausschlag abgelesen, welchen sie allein gab; sie wurde dann abermals genau auf die nämliche Temperatur erhitzt und der erste Ausschlag unter Einflufs der Glasplatte und der Lampenwärme beobachtet. Die Diathermasie konnte dann mittelst der reducirten Ablenkungen auf die gleiche Weise berechnet werden, wie bei der ersten Methode. Die Durchstrahlbarkeit bei gewöhnlicher Temperatur wurde auf diesem Wege wieder genau = 63,5, die bei 100° gleich 67,2, die bei 200° gleich 72,2 gefunden, Werthe, welche zu den in obiger Tafel enthaltenen vortrefflich passen. — Es wäre nach diesen interessanten Resultaten zu wünschen, dafs Wilhelmy sein Versprechen lösen und auch die Reflexionsfähigkeit der nämlichen Glasplatte bei verschiedenen Temperaturen untersuchen wollte.

Durchgang der Wärme durch krystallisirte Mittel.

Knoblauch hatte in einer früheren Untersuchung (1), bei welcher er wasserhelle Bergkrystalle und Kalkspathe anwandte, keine Unterschiede der Diathermasie dieser Körper in verschiedener Richtung gegen die Axen, sei es für natürliche, sei es für polarisirte Strahlen entdecken können. Eine neuere zu gleichem Zwecke vorgenommene Arbeit (2), bei welcher sich Knoblauch Würfel aus braunem Bergkrystall, aus Beryll und Turmalin bediente, hatte in ge-

(1) Pogg. Ann. LXXIV, 183. — (2) Pogg. Ann. LXXXV, 169; im Ausz. Berl. Acad. Ber. 1852, 50; Ann. Ch. Pharm. LXXXIV, 145; Ann. ch. phys. [3] XXXVI, 124; Instit. 1852, 184; Arch. phys. nat. XX, 136; XXI, 140; Sill. Am. J. [2] XIV, 97.

Durchgang der Wärme durch krystallisirte Mittel.

dachter Beziehung mehr Erfolg. Da die drei Krystalle zu den optisch einaxigen gehören, so konnte es sich nur um die Verschiedenheit des Durchgangs rechtwinklig und parallel zur optischen Axe handeln. Vier Seitenflächen der Würfel waren daher der optischen Axe parallel, zwei rechtwinklig zu derselben geschliffen, und die Würfel waren um eine verticale Axe so drehbar, dafs dabei die optische Axe eine horizontale Lage beibehielt. Das Sonnenlicht, welches ein Heliostat mit Stahlspiegel in unveränderlicher horizontaler Richtung ins dunkle Zimmer sandte, konnte, da es nur äufserst schwach elliptisch polarisirt war, für gewöhnliches Licht gelten; man mufste es noch einen Nikol durchdringen lassen, wenn man mit geradelinig polarisirtem Lichte arbeiten wollte. Es ergab sich, dafs das Azimut der Schwingung ohne allen Einflufs war, wenn die Strahlen parallel der optischen Axe durchgingen; dafs dagegen das Maximum des Unterschiedes auftrat, wenn die Strahlen den Krystall rechtwinklig zur optischen Axe durchdrangen und die geradelinigen Schwingungen einmal parallel, das anderemal senkrecht zur Axe gerichtet waren. Bei letzterem Azimut war die Diathermasie derjenigen gleich, welche bei der Axe parallelem Durchgang beobachtet wurde. Natürliche Wärme konnte die angedeuteten Unterschiede nicht mit der Deutlichkeit zu erkennen geben, wie die geradelinige polarisirte, da man bei der zweiten Stellung des Würfels es immer mit zwei gleich intensiven parallel und rechtwinklig zur Axe schwingenden Composanten zu thun hatte. In der folgenden Tafel ist die parallel zur Axe durchgehende Wärme zu 100 angenommen, O bedeutet den rechtwinklig zur optischen Axe schwingenden (ordentlichen), E den parallel der Axe schwingenden (aufserordentlichen) Strahl, N natürliche Wärme.

Krystalle . . .	rechtwinklig zur Axe			O parallel der Axe
	O	E	N	
Brauner Bergkrystall . .	100	73	92	100
Beryll	70	21	54	100
Turmalin	100	229	158	100

Durchgang der Wärme durch krystallisirte Mittel.

Der Turmalin verhält sich dem Bergkrystall und dem Beryll insofern entgegengesetzt, als er rechtwinklig zur Axe den Strahl E in reichlicherer Menge durchläfst, als parallel derselben. Die natürliche Wärme hält, aus dem Grunde, welcher schon oben angedeutet wurde, zwischen den beiden Strahlen O und E die Mitte. Auffallen mufs es, dafs der ordentliche Strahl im Beryll rechtwinklig zur Axe in weit geringerer Menge durchgeht, als parallel derselben. Knoblauch erklärt diefs aus einer zufälligen Ungleichmäfsigkeit der Masse, wefswegen den für den Beryll gefundenen Werthen überhaupt eine exacte Bedeutung nicht beizulegen ist.

Zur Prüfung der qualitativen Verschiedenheit der in verschiedener Richtung durch die Krystalle gegangenen Wärmestrahlen bediente sich Knoblauch des üblichen Mittels der diathermanen Prüfungsplatten. Er wandte Platten von blauem, gelbem, rothem und grünem Glase an. Es zeigten sich Unterschiede in der Qualität unter den Umständen, unter welchen auch solche in der Quantität der Diathermasie beobachtet worden waren, und unter gleichen Verhältnissen, wie diese, erreichten auch jene ihr Maximum. Die Zahlen der folgenden Tabelle zeigen an, wie viel Procente der rechtwinklig zur Axe durch die Krystalle gegangenen und in den beiden Hauptazimuten geradelinig polarisirten Wärmestrahlen von den verschiedenen diathermanen Platten durchgelassen wurden :

	Bergkrystall		Beryll		Turmalin	
	O	E	O	E	O	E
Blaues Glas . . .	40	39	39	50	—	—
Gelbes Glas . . .	73	78	54	30	—	—
Rothes Glas . . .	42	45	—	—	14	6
Grünes Glas . . .	7	11	—	—	19	41

Bei dem Bergkrystall nähern sich die Unterschiede in der Durchgangsfähigkeit der beiden Hauptstrahlen schon sehr der Fehlergrenze; bei Anwendung natürlicher Wärme fielen sie ganz in diese Grenze hinein, während bei dem Beryll

Durchgang der Wärme durch krystallisirte Mittel.

und Turmalin auch dann noch deutlich ausgesprochene Unterschiede wahrgenommen wurden.

Die folgenden Zahlen zeigen die Durchgangsfähigkeit durch einige der Prüfungsplatten für solche Strahlen, welche rechtwinklig zur Axe zwei hintereinander aufgestellte Beryllwürfel oder zwei Turmalinwürfel, und zwar das einemal bei parallelen, das anderemal bei gekreuzten Axen, durchdrungen hatten :

	Beryllwürfel		Turmalinwürfel	
	Blaues Glas	Gelbes Glas	Rothes Glas	Grünes Glas
Parallele Axen	7	26	30	19
Gekreuzte Axen	20	10	42	11

Zum Schlusse seiner Arbeit bemerkt Knoblauch, dafs er auch noch Versuche mit (zweiaxigem) *Dichroit* angestellt und ebenfalls qualitative Unterschiede je nach der Richtung des Durchgangs der Wärmestrahlen aufgefunden habe.

Die Vertheilung der Wärme auf der Sonnenscheibe.

Secchi (1) hat die wärmende Kraft der verschiedenen Theile der Sonnenscheibe verglichen, indem er eine Thermosäule hinter dem Ocular eines Refractors anbrachte, welcher mittelst der mit ihm verbundenen Theilkreise auf die verschiedenen zu vergleichenden Punkte der Sonnenscheibe genau eingestellt werden konnte. Bezüglich der näheren Einrichtung des Apparates, der angewendeten Diaphragmen und Schirme verweisen wir auf die Abhandlung selbst. — Zunächst stellte sich heraus, dafs die wärmende Kraft der Sonne am Rande nur etwa halb so grofs ist, als in der Mitte, wie man Aehnliches schon bezüglich der leuchtenden und chemisch wirkenden Strahlen wahrgenommen hatte (2). Ohne Zweifel hat man diesen Unterschied auf Rechnung der absorbirenden Kraft der Sonnenatmosphäre zu setzen. Aufserdem beobachtete aber Secchi, dafs in dem durch die Mitte der Sonnenscheibe gehenden Verticaldurchschnitt der

(1) Compt. rend. XXXIV, 643; Instit. 1852, 139; Arch. ph. nat. XX, 122; Phil. Mag. [4] V, 142. — (2) Vgl. Jahresber. f. 1851, 221.

obere Endpunkt eine höhere Temperatur hatte, als der untere, dafs ferner das Temperaturmaximum etwa 3′ oberhalb des Mittelpunkts der Sonnenscheibe lag. Da der genannte Beobachter zugleich darauf aufmerksam wurde, dafs zu jener Zeit (20., 21., 23. März) der Sonnenäquator etwa 2′,6 oberhalb des Mittelpunkts der sichtbaren Sonnenhälfte vorüberging, so wurde er auf die Hypothese geführt, dafs die Intensitätsunterschiede der von verschiedenen Punkten der Sonne herkommenden Strahlen aufser in einer ungleichen absorbirenden Wirkung der Sonnenatmosphäre, auch noch in einer ungleichen Vertheilung der Wärme auf der Sonne selbst begründet seien, und dafs die Aequatorialgegend des Sonnenkörpers die höchste Temperatur besitze. Vergleichende Beobachtungen von späterem Datum (1), an welchem der Sonnenäquator sich dem Mittelpunkt der Sonnenscheibe näher projicirte, haben dieser Hypothese noch mehr Wahrscheinlichkeit gegeben : Die Vertheilung der Wärme auf der Sonnenscheibe.

Erste Reihe :

Abst. vom Sonnenmittelpunkt	+14′,5	+10′,1	+ 6′,3	+ 3′,0	+ 0′,5	− 8′,5	−12′,0	−14′,5
Intensität	16°,9	20°,3	24°,0	24°,5	25°,3	22°,9	18°,8	13°,9

Zweite Reihe :

Abst. vom Sonnenmittelpunkt	+14′,2	+13′,2	+ 7′,2	+ 3′,2	+ 0′,5	− 7′,8	−12′,8	−14′,5
Intensität	15°,5	18°,4	24°,5	25°,0	25°,4	23°,8	16°,9	13°,5

Offenbar hat sich die Vertheilung der Wärme oberhalb und unterhalb des Mittelpunkts im zweiten Falle der Gleichheit bedeutend genähert.

In einer späteren Mittheilung giebt Secchi (2) die Resultate seiner Beobachtungen im Monat September, zu einer Zeit, wo der Sonnenäquator auf die untere Hälfte der Sonnenscheibe sich projicirte, und in der That gab nun auch die untere Hälfte die höhere Temperatur, das Maxi-

(1) Compt. rend. XXXIV, 883. — (2) Compt. rend. XXXV, 605; Instit. 1852, 350.

Die Vertheilung der Wärme auf der Sonnenscheibe.

mum in etwas mehr als 2° Abstand von der Mitte. Die weiteren sinnreichen Methoden, welche Secchi anwendete, um die höhere Temperatur des Sonnenäquators aufser Zweifel zu stellen, mufs man aus der Abhandlung selbst kennen lernen.

Untersuchungen über den absorbirenden Einflufs der Erdatmosphäre ergaben eine gleiche Absorption am Vor- und Nachmittag bei gleicher Sonnenhöhe. Von der Einheit der vertical auf die Grenze der Atmosphäre treffenden Strahlen gelangen nach Secchi's Bestimmungen 0,723 an die Erdoberfläche. Bouguer fand für die Lichtstrahlen 0,81, Lambert 0,59, Clausius 0,94, Pouillet endlich für die Wärmestrahlen nur etwa 0,67.

Arago (1) macht in einer besonderen Mittheilung bekannt, dafs er ähnliche Messungen wie diejenigen Secchi's lange vor diesem projectirt, dafs die Thermometer von Walferdin ausgeführt, das dazu bestimmte Fernrohr von Lerebours aufgestellt gewesen, und nur durch Walferdin's längere Krankheit die Ausführung aufgeschoben worden sei, welche Arago selbst wegen beinahe völliger Blindheit nicht mehr unternehmen konnte. — Secchi (2) bemerkt, dafs er gänzlich ohne Kunde von diesen Plänen gewesen und darum in dieses Gebiet der Beobachtungen selbstständig eingetreten sei.

Thermische Qualität der Sonnenstrahlen.

Die Beobachtungen Secchi's haben Melloni (3) veranlafst, einige neue Fragen aufzuwerfen und theilweise zu beantworten. Vor Allem fordert er zur Untersuchung auf, ob die von verschiedenen Theilen der Sonnenscheibe ausgehenden Wärmestrahlen von gleicher qualitativer Beschaffenheit seien; er vermuthet, dafs die von den Polargegenden der Sonne ausgehenden Strahlen im Allgemeinen ge-

(1) Compt. rend. XXXIV, 657; Instit. 1852, 140. — (2) Compt. rend. XXXIV, 949. — (3) Pogg. Ann. LXXXVI, 496; Compt. rend. XXXV, 165; Instit. 1852, 245.

ringere Grade der Brechbarkeit, Diffusion und Transmission zeigen werden. Melloni selbst hat untersucht, ob die Absorption in der Erdatmosphäre einen merklichen Einflufs auf die Qualität der zu uns gelangenden Sonnenstrahlen äufsere. Er fand, dafs eine zwischen zwei Spiegelscheiben enthaltene Wasserschichte von den durch einen Heliostaten in die dunkle Kammer reflectirten Wärmestrahlen der Sonne um Mittag 60, eine Stunde vor Sonnenuntergang 32 pC. durchliefs. Eine berufste Bergkrystallplatte liefs um Mittag 30, eine Stunde vor Sonnenuntergang 62 pC. durch, offenbar ein Beweis, dafs die Wärme sich nicht nur an Intensität, sondern auch an Qualität ändert, in dem Mafse, als die Sonne sich dem Horizonte nähert. Thermische Qualität der Sonnenstrahlen.

Secchi (1) macht in einer späteren Mittheilung bekannt, dafs er, auf die Ideen Melloni's eingehend, die von verschiedenen Punkten der Sonne ausströmenden Wärmestrahlen einer Prüfung mittelst der Wasserschichte sowohl, als einer klaren und einer berufsten Bergkrystallplatte unterworfen hat, ohne jedoch merkliche Anzeigen einer ungleichen Thermochrose zu erhalten.

Volpicelli (2) hat dagegen den Schlufs Melloni's in zahlreichen Versuchen bestätigt gefunden. Die folgende Tafel zeigt, dafs die diathermanen Substanzen in zwei Klassen zerfallen, in solche, welche die durch gröfsere Luftmassen gegangenen Strahlen in geringerem Grade, und solche, welche dieselben in höherem Grade durchlassen, zwei Klassen, welche bereits durch die Wasserschichte und die berufste Bergkrystallplatte Melloni's repräsentirt waren. Die Intensität der frei einfallenden Wärmestrahlen ist jedesmal gleich 100 angenommen.

(1) Compt. rend. XXXV, 608; Instit. 1852, 351. — (2) Compt. rend. XXXV, 953; Instit. 1853, 4.

Thermische Qualität der Sonnenstrahlen.

Substanzen der ersten Art	Die Sonne im Meridian	Die Sonne am Horizont	Substanzen der zweiten Art	Die Sonne im Meridian	Die Sonne am Horizont
Wasser	60	40	Klarer Quarz . .	70	80
Terpentinöl . . .	54	45	Klares Glas . . .	84	93
Alaunlösung . .	57	43	Alaun	5	10
Salpetersäure . .	65	52	Gyps	6	8
Alkohol	62	51	Grünes Glas . .	5	9
Aether	58	35	Gelbes Glas . . .	12	18
Gewöhnl. Glas . .	73	58	Blaues Glas . . .	13	18
			Blaues *) Glas . .	75	100
			Steinsalz	46	48
			Schwefelsäure . .	55	60
			Berufster Quarz .	6	11
			Berufstes Steinsalz	5	9

*) Nach den in der Abhandlung ausgesprochenen Schlüssen scheint diefs rothes Glas heifsen zu sollen.

Es wäre zu wünschen, dafs der Verfasser die Sonnenhöhe um Mittag und die Dicke seiner diathermanen Platten angegeben hätte, um den Schlüssen aus obigen Zahlen mehr Sicherheit zu geben. Dafs er nur bei ganz wolkenfreier Atmosphäre gearbeitet hat, ist anzunehmen, obgleich es nirgends bemerkt ist. Die leiseste, oft kaum den Augen bemerkbare Bewölkung kann, wie sie die Intensität der Strahlung merklich ändert, auch auf die Thermochrose von Einflufs sein. — Klarer Quarz und klares Glas erweisen sich am Stärksten diatherman für die durch die Atmosphäre gegangenen Wärmestrahlen. Das Steinsalz läfst nur etwa die Hälfte durch, es mufs daher die Atmosphäre vorzugsweise diejenigen Wärmestrahlen zurückhalten, welche den Hauptbestandtheil der irdischen Wärmequellen ausmachen, da für diese das Steinsalz bekanntlich vollkommen diatherman ist. Uebrigens verhält sich dieses Salz gegen alle durch die Atmosphäre gehenden Wärmestrahlen der Sonne vollkommen gleich, da es dieselben sowohl Mittags als Abends auf etwa die Hälfte schwächt. Klares Glas und rothes Glas verhalten sich fast vollständig diatherman, wenn die Wärmestrahlen die Atmosphäre in ihrer gröfsten Dicke durchdrungen haben. — Drei Platten, die eine von Steinsalz, die andere aus klarem Alaun, die dritte aus Gyps,

bilden ein durchsichtiges, aber für die Wärmestrahlen der Sonne so gut wie undurchdringliches, System.

Thermische Qualität der Sonnenstrahlen.

Volpicelli giebt noch an, dafs die freie Sonnenwärme von Mittag bis 3^h 30′ etwa gleiche Intensität behalte und dann abnehme, und erst wieder während der drei letzten Viertelstunden vor Sonnenuntergang constant sei.

Eine sehr gründliche und interessante Zusammenstellung der Beobachtungen über Licht- und Wärmeverhältnisse des Sonnenkörpers ist von Gautier (1) gegeben worden. Der erste Abschnitt handelt von den Beobachtungen der Sonnenflecken und der verwandten Phänomene; der zweite von einigen Erscheinungen, welche bei den neuesten totalen Sonnenfinsternissen beobachtet wurden; der dritte Abschnitt von den oben ausführlich besprochenen Beobachtungen über Licht- und Wärmestrahlung der Sonne; der vierte Abschnitt endlich über die Vorstellungen, welche durch die Gesammtheit der gedachten Erscheinungen bezüglich der Constitution des Sonnenkörpers begründet werden.

Einfluſs der Umdrehung der Sonne auf die atmosphär. Temperatur.

Mit Rücksicht auf den von Buys-Ballot wahrscheinlich gemachten Zusammenhang der Rotationszeit der Sonne mit einer Periode in der atmosphärischen Temperatur hat Lamont (2) die einen Zeitraum von nahezu 70 Jahren umfassenden Hohenpeifsenberger Beobachtungen einer Discussion unterworfen und gefunden, dafs diese Beobachtungen eine mit der Sonne übereinstimmende Periode in der atmosphärischen Temperatur nicht erkennen lassen.

Durchgang der Wärmestrahlen durch die Atmosphäre.

Im vorjährigen Berichte (3) sind Messungen über die Durchsichtigkeit der Atmosphäre, ausgeführt von den Gebrüdern Schlagintweit, nach einem Auszuge der Verfasser aus ihrem gröfsern Werke (4) mitgetheilt worden. Wir lassen hier einige Angaben über den Durchgang der

(1) Arch. phys. nat. XX, 177 u. 265. — (2) Pogg. Ann. LXXXVII, 129. — (3) Vgl. Jahresber. f. 1851, 183. — (4) Untersuchungen über die physikalische Geographie der Alpen, von Hermann und Adolph Schlagintweit, Leipzig 1850.

Durchgang der Wärmestrahlen durch die Atmosphäre.

Wärmestrahlen durch die Atmosphäre aus einer Mittheilung von Hermann Schlagintweit (1) folgen.

Die genannten Forscher wandten Pouillet's Pyrheliometer in der Weise an, dafs sie zuerst 5 Minuten lang die Ausstrahlung r des im Schatten aufgestellten und gegen den heitern Himmel gekehrten Instrumentes, in den folgenden 5 Minuten die Temperaturerhöhung T bei senkrechtem Einfallen der Sonnenstrahlen, und endlich nochmals 5 Minuten die Ausstrahlung r′ im Schatten beobachteten. Die Wirkung t der Sonne konnte dann durch $t = T + \frac{r + r'}{2}$ ausgedrückt werden. — Unter den Werthen, welche unter scheinbar gleichen Verhältnissen gefunden wurden, verdienen die gröfsten das meiste Zutrauen, weil bei ihnen zufällige Trübungen der Atmosphäre am Wenigsten mitgewirkt haben, welche das Pyrheliometer oft selbst dann noch anzeigt, wenn das Auge nicht das Mindeste davon wahrnimmt. Alle Beobachtungen wurden Mittags zwischen 12 und 1 Uhr angestellt; wir führen beispielsweise die folgenden Resultate an :

Station	Höhe über d. Meeresfläche	Wirkung der Sonne während 5 Minuten.
Johannishütte	7581 Par. F.	5°,00 C.
Rachern	10362 „	5°,75 „

Die gröfste Wirkung, welche Pouillet mit seinem Instrument in Paris erhielt, war 5°,1.

Andere Bestimmungen über die Einstrahlung der Sonnenwärme machten die genannten Forschern mit zwei gewöhnlichen Thermometern, deren eines in der Sonne, das andere im Schatten aufgestellt war; ferner mit einem Instrument ähnlich dem Leslie'schen Photometer, d. h. zwei Thermometern, deren eines eine geschwärzte Kugel hatte; endlich noch mit dem Heliothermometer von Saussure (2). Die Beobachtungen, welche mit diesem letztern Instrument an der nämlichen Station und unter sonst gleichen Umständen, aber bei sehr ungleichen Temperaturen der Luft

(1) Phil. Mag. [4] III, 1 u. 92. — (2) Mém. de l'Acad. des sciences VII, 585.

angestellt wurden, zeigten, dafs der Strahlungseffect von dieser Temperatur unabhängig ist.

Ursache der höheren Temperatur des Flufswassers.

Beobachtungen, welche Renou (1) über die Temperatur des Wassers der Loire anstellte, haben zu einer interessanten theoretischen Discussion geführt. Renou beobachtete während vier Jahren Morgens um 4 Uhr und dann von 6 Uhr Morgens bis 10 Uhr Abends stündlich die Temperatur der Luft und des Loirewassers. Folgende Tafel enthält die Monatsmittel für das Jahr 1851 :

1851	Mittlere monatliche Temperatur des Loirewassers	der Luft	Unterschiede.
Januar	6°,14	4°,81	1°,33
Februar	5°,62	3°,42	2°,20
März	8°,01	6°,78	1°,23
April	12°,17	9°,92	1°,25
Mai	14°,29	11°,20	3°,09
Juni	19°,49	17°,27	2°,22
Juli	20°,16	17°,33	2°,83
August	21°,09	18°,79	2°,30
September	15°,61	13°,61	2°,00
October	12°,70	10°,84	1°,86
November	5°,39	2°,79	2°,60
December	4°,29	1°,34	2°,95
Mittel	12°,08	9°,84	2°,24

Bei Vendome, wo Renou beobachtete, hat die Loire eine Breite von 35 bis 40 Meter bei einer Tiefe von 3 bis 5 Meter; aber der Ueberschufs der mittleren Temperatur des Wassers über die der Luft hat sich auch unter anderen Verhältnissen gezeigt. Valée fand zu Tours, wo die Loire 400 Meter Breite bei 2 Meter Tiefe hat, die mittlere Jahrestemperatur des Wassers 2°,59 höher als die der Luft.

Babinet (2) erinnert daran, dafs in Gegenden, in welchen die Sommerregen vorherrschen, die Quellen eine etwas höhere, in Gegenden, in welchen die Winterregen vorherrschen, dagegen eine etwas niedrigere Temperatur haben, als die Mitteltemperatur der Luft an der Stelle, wo

(1) Compt. rend. XXXIV, 916; Instit. 1852, 198. — (2) Compt. rend. XXXV, 4; Instit. 1852, 213.

Ursache der höheren Temperatur des Flufswassers.

sie entspringen (1). Da indessen diese Differenzen nur sehr klein seien, so solle man im Allgemeinen im Flufswasser, in Folge der Verdampfung des Wassers an der Oberfläche und weil die Zuflüsse doch meist aus kühleren Berggegenden stattfänden, eine niedrigere Temperatur als die der Luft zu finden erwarten. Die höhere, von Renou gefundene Temperatur glaubt Babinet daraus erklären zu können, dafs die Sonnenstrahlen das Wasser leicht durchdringen, die am Boden des Flufsbettes in dunkle Wärme umgewandelten Strahlen aber so gut wie vollständig vom Wasser zurückgehalten werden. — Faye (2) bemerkt, dafs diese Erklärung Renou selbst nicht entgangen sei, dafs dieser vielmehr ausdrücklich bemerkt habe, dafs auch bei bedeutend höherer Temperatur der Luft, aber bewölktem Himmel, die Erwärmung des Flufswassers nur äufserst langsam, beim Hervortreten der Sonne dagegen auffallend rascher erfolge; dafs man ferner sogar dann, wenn die Temperatur der Luft niedriger stehe, wie die des Wassers, und selbst bei bedecktem Himmel eine Temperaturzunahme im Flufswasser beobachte. Dieser letzte Umstand, welchen Renou aus einem Durchdringen der Sonnenstrahlen durch die leichte Wolkendecke erklärt, scheint mehr zu Gunsten der Ansicht von Rankine (3) zu sprechen, wonach die höhere Temperatur des Flufswassers vorzugsweise durch die Reibung des Wassers an den Wänden des Flufsbettes erzeugt werden soll. Rankine bemerkt, dafs gerade im November und December, wo die Sonne am Wenigsten wirken könne, der Ueberschufs der Wasser- über die Lufttemperatur sehr merklich hervortrete. Er stellt eine Formel auf, wonach man aus dem Gefälle des Flufsbettes, aus dessen sonstiger Configuration (Querschnittsfläche, Breite, Umfang) und aus der Stromgeschwin-

(1) Diefs kann übrigens nur für sehr seicht liegende Quellen gelten, auf welche die innere Bodenwärme noch nicht einwirken kann. — (2) Compt. rend. XXXV, 5. — (3) Phil. Mag. [4] IV, 355; Instit. 1852, 313.

digkeit die Erwärmung des Wassers berechnen kann und fordert die Beobachter auf, jene Umstände neben der Wasser-, der Luft- und Bodentemperatur in ihren Registern anzumerken.

Grove (1) theilt geschichtliche und philosophische Erörterungen über die Frage mit, in wie fern die Gesammtheit der physikalischen Erscheinungen durch Bewegung der wägbaren Materie, ohne Annahme von Imponderabilien, zu erklären sei. Unter den von Grove zur Stütze seiner Ansichten angeführten Versuchen machen wir auf einen aufmerksam, in welchem es Grove gelang, mittelst 500 isolirten Elementen seiner Salpetersäurebatterie $\frac{1}{4}$ Zoll lange Funken unmittelbar aus Wasser zu ziehen. Bewegungslehre. Kräfte im Allgemeinen.

Tyndall (2) hat kritische Bemerkungen mitgetheilt über das (im vorjähr. Berichte S. 72 von uns erwähnte) Experiment Goodman's, woraus letzterer auf die Einheit der Kräfte schlofs. Die Ablenkung der Nadel im sonnenbeschienenen Galvanometer erklärt Tyndall aus den durch das Sonnenlicht hervorgerufenen Luftströmen.

Seguin (3) hat seine in einem früheren Berichte (4) schon erwähnten Betrachtungen über die Beziehung zwischen der Cohäsion und dem Newton'schen Gravitationsgesetze fortgesetzt. — Low (5) hat Betrachtungen über Theilbarkeit der Materie mitgetheilt.

W. Thomson (6) stellt einige allgemeinere Betrachtungen über die mechanische Wirkung des Lichtes und der strahlenden Wärme an. Nach approximativen Ermittelungen sei das mechanische Aequivalent der auf einen Quadratfufs in einer Secunde senkrecht einströmenden Sonnenwärme gleich 84 Fufspfund. Eine Maschine müsse Die Oeconomie der Kräfte in der Natur.

(1) Phil. Mag. [4] III, 311; Edinb. Phil. J. LIII, 62; Instit. 1852, 211; Arch. phys. nat. XX, 288. — (2) Phil. Mag. [4] III, 127; Arch. phys. nat. XIX, 144. — (3) Compt. rend. XXXIV, 85; auch in Pogg. Ann. LXXXVIII, 432 aus Moigno's Cosmos. — (4) Jahresber. f. 1847 u. 1848, 137. — (5) Edinb. Phil. J. LIII, 348. — (6) Phil. Mag. [4] IV, 256.

Die Oeconomie der Kräfte in der Natur.

die Wärme von 1800 Quadratfufsen aufnehmen, um die Wirkung einer Pferdekraft von 556 Fufspfund in der Secunde zu geben. Thomson berechnet weiter, dafs nach dem mittleren Ertrag eines Waldbodens an Brennholz (2600 Pf. lufttrocknes Holz auf den hessischen Morgen) und nach dessen Brennwerth (4000 Wärmeeinheiten) etwa $^1/_{1000}$ der einströmenden Sonnenwärme als mechanische Kraft angesammelt werde, welche man durch Verwendung des Brennstoffs in Thätigkeit setzen könne. Der Verfasser findet, dafs ein Mann, welcher 8 Stunden am Tage beim Bergsteigen sein eignes Gewicht hebt, etwa $^1/_6$, oder wenn er mit der mittleren menschlichen Arbeitskraft äufsere Hindernisse überwindet, etwa $^1/_4$ derjenigen Kraft aufwendet, welche aus vollständiger Oxydation seiner Nahrung hervorgehe. Da diese Oxydation aber weit davon entfernt sei, eine vollständige zu sein, so könnten im ersten Fall bei weitem nicht $^5/_6$, im letztern nicht $^3/_4$ der vollen Oxydationswärme zur Unterhaltung der Körpertemperatur verwendet werden. — Endlich classificirt Thomson die Quellen der auf der Erde zur Verwendung kommenden mechanischen Kraft und findet sie 1) in der Wärme und dem Lichte der Sonne, 2) in der Umdrehung der Erde, verbunden mit der Einwirkung von Mond und Sonne, 3) in der innern Erdwärme und den oxydirbaren Fossilien, sowie 4) in den Bewegungen der Meteorsteine.

In einer zweiten Betrachtung (1) gelangt er zu dem Resultate, dafs bei dem gegenwärtigen Zustand der Welt fortwährend alle Kräfte eine Tendenz haben, sich in Wärme umzusetzen, wie die chemische Kraft, der electrische Strom, die mechanische Kraft, dafs aber die Wärme sich gleichmäfsig durch alle Körper und die Himmelsräume zu verbreiten strebe. Die aufgespeicherten Kraftvorräthe müfsten sich demnach erschöpfen und die Erde sowie alle anderen Himmelskörper müfsten allmälig einem

(1) Phil. Mag. [4] IV, 304.

für Menschen unbewohnbaren Zustand entgegengehen. — M. Rankine (1) hat, um über diesen trostlosen Schlufs hinauszukommen, Thomson's Betrachtungen noch etwas weiter fortgeführt. Er bemerkt, dafs die Wärme sich nur strahlend durch die Himmelsräume verbreite, ohne von dem diese Räume erfüllenden, vollkommen durchsichtigen und diathermanen Medium in fühlbare Wärme umgesetzt zu werden. Wenn man nun annehme, dafs dieses Medium ebenfalls Grenzen habe, jenseits welcher leerer Raum liege, so müfsten die Wärmestrahlen, an jenen Grenzen angelangt, zurückgeworfen und in gewissen Brennpunkten vereinigt werden. Sobald ein Himmelskörper in einen dieser Brennpunkte eintrete, würden durch die hohe Temperatur die chemischen Verbindungen, welche bei ihrer Bildung Wärme entwickelt hatten, wieder aufgelöst, und somit ein neuer Vorrath verwendbarer Kraft hergestellt. Die Oeconomie der Kräfte in der Natur.

H. Cox (2) classificirt die in der Bewegungslehre in Betracht kommenden Gröfsen folgendermafsen : Allgemeine Bewegungslehre.

Für fortschreitende Bewegung :	Für rotirende Bewegung :
Statische Kräfte	Statische Kräftepaare
Lineare Geschwindigkeiten	Winkelgeschwindigkeiten
Lineare Beschleunigungen	Winkelbeschleunigungen

und führt einen allgemeinen Beweis, dafs für die Zusammensetzung beliebiger Gröfsen der nämlichen Art der Satz des Parallelogramms anwendbar ist. Bezüglich der Ausführung müssen wir auf die Arbeit selbst verweisen.

Von Bertrand (3) ist eine Abhandlung über die Differenzialgleichungen der Dynamik erschienen.

Lamé (4) hat einen Bericht über den Hauptinhalt und den Gang der mathematischen Entwickelungen in seinem neuen Werke : *Leçons sur la théorie mathématique de l'élasticité des corps solides*, gegeben. Er bemerkt, dafs man zu weit

(1) Phil. Mag. [4] IV, 358; Inst. 1852, 313; Edinb. Phil. J. LIV, 98. — (2) Report of the 21. Brit. Assoc. for 1851. Notices and abstracts, 1. — (3) Compt. rend. XXXIV, 636; XXXV, 698. — (4) Compt. rend. XXXV, 459.

Allgemeine Bewegungslehre.

gegangen sei, indem man durch willkürliche Hypothesen die 36 Coëfficienten, welche die unsprünglichen Gleichungen zwischen den aus einer Molecularverschiebung entspringenden elastischen Kräften enthalten, auf Eine reducirt habe; und zeigt, wie unter zulässigen Hypothesen eine Zurückführung auf zwei Coëfficienten möglich sei. Er behandelt dann zahlreiche Beispiele des Gleichgewichts und der Schwingungsbewegung elastischer Körper und zeigt, dafs aus den nämlichen Grundgleichungen sich auch die Gesetze der Verbreitung des Lichtes in Krystallen ableiten lassen. Lamé's Ansicht, dafs die Schwingungen der materiellen Molecule selbst die Verbreitung des Lichtes in durchsichtigen Körpern übernehmen, erscheint in Anbetracht der grofsen Geschwindigkeit des Lichtes nicht statthaft.

Umsetzung oscillatorischer Bewegungen in progressive.

Durch die in neuerer Zeit festgestellte Erfahrung, dafs durch Wärme eine äquivalente Menge mechanischer Kraft und umgekehrt durch mechanische Kraft eine äquivalente Menge von Wärme erzeugt werden kann, ist Puschl (1) bewogen worden, eine mathematische Entwickelung über die Umsetzuug oscillatorischer Bewegung in progressive unter Uebertragung einer bestimmten Menge lebendiger Kraft zu geben. Er geht von dem Gedanken aus, dafs bei dem Fortschreiten einer Transversalwelle in geradeliniger Richtung die längs dieser Linie geordneten Aethertheilchen in der Wellencurve eine Verdünnung erfahren, welche durch den Längenunterschied dieser Curve und ihrer Projection auf jene Gerade ausgedrückt ist. An einem materiellen Theilchen angelangt, giebt diese Verdünnung und der dadurch verminderte Druck zu einer Annäherung des materiellen Theilchens an den Ausgangspunkt der Wellen Veranlassung, und zugleich werden die Molecularkräfte in der Art wirksam, dafs jenes Theilchen um eine neue Gleichgewichtslage longitudinale Schwingungen vollendet. Die Fortpflanzung einer Transversalwelle zwischen zwei

(1) Wien. Acad. Ber. IX, 173.

materiellen Moleculen ist nach dem Gesagten einer zwischen ihnen thätigen Anziehung gleich zu achten.

Umsetzung oscillatorischer Bewegungen in progressive.

In einer zweiten Entwickelung behandelt Puschl die progressive Bewegung, welche aus longitudinalen Bewegungen hervorgehen kann. Er findet, dafs die Wirkung einer longitudinalen Welle auf ein von ihr getroffenes ruhendes Körpertheilchen stets einem in der Richtung ihrer Fortpflanzung auf dasselbe ausgeübten Impulse äquivalent ist, dessen Intensität dem Cubus des Abstandes jenes Theilchens vom Erregungsorte der Welle umgekehrt proportional ist. Bezüglich der mathematischen Entwickelungen selbst verweisen wir auf die Abhandlung.

Gesetz der Erhaltung der Schwingungsdauer.

Petzval (1) hat den drei Differenzialgleichungen der Bewegung eines Systems von materiellen Punkten, welches gleiche Elasticität nach allen Seiten besitzt, Gleichungen, bei deren Aufstellung ein vorhergegangener Ruhezustand der Molecüle vorausgesetzt ist, allgemeinere Gleichungen substituirt, bei welchen das Mittel von permanenten Strömungen durchzogen gedacht wird. Für beide Systeme von Gleichungen hat er aus der Form der ihnen genügenden Functionen nachgewiesen, dafs, wie auch Amplitude, Wellenlänge und Fortpflanzungsgeschwindigkeit schwingender Bewegungen des Mittels, je nach der Dichte oder unter Einwirkung sonstiger Bewegungszustände sich ändern mögen, Ein Element stets ungeändert bleibe, nämlich die Schwingungsdauer. Von diesem an sich interessanten, und auch schon von andern Mathematikern unter mannichfachen Umständen als giltig erkannten Resultate, welches Petzval mit dem Namen des Princips der Erhaltung der Oscillationsdauer belegt, hat der genannte Mathematiker (2) eine Anwendung gemacht, welche man nicht hätte erwarten dürfen. Er glaubt nämlich, die von Doppler (3) aufgestellte und nachgehends vielfach durch Experimente be-

(1) Wien. Acad. Ber. VIII, 134. — (2) Wien. Acad. Ber. VIII, 567. — (3) Vgl. Jahresber. f. 1847 u. 1848, 159.

Gesetz der Erhaltung der Schwingungsdauer.

stätigte Ansicht, dafs die Tonhöhe oder Farbe durch Bewegung der Schall- oder Lichtquelle, nach dem Beobachter zu, oder von ihm weg, modificirt werde, als mit seinem Princip unverträglich bezweifeln zu dürfen. Seine vorgebrachten Gründe können um so weniger einleuchten, als sie für den Fall einer feststehenden Schall- oder Lichtquelle und eines in Bewegung befindlichen Beobachters, zum Theil wenigstens, nicht mehr gelten können und doch die von Doppler vorausgesehene Erscheinung in diesem Falle eben so gut statt hat, wie in dem umgekehrten. Mindestens war dieses Beispiel von Petzval nicht gut gewählt, um die Vorzüge der tiefer eindringenden mathematischen Analysis vor dem in elementaren Betrachtungen sich ergehenden gesunden Menschenverstand und dem Experiment hervorzuheben. Doppler (1) vermochte ohne Schwierigkeit die Stichhaltigkeit seiner Ansicht, auch dem Petzval'schen Princip gegenüber, aufrecht zu erhalten. Ettingshausen (2) hat mit der diesem ausgezeichneten Mathematiker eigenthümlichen Schärfe das Verdienst der Petzval'schen Entwickelungen characterisirt und die Grenzen ihrer Anwendbarkeit bezeichnet.

Gleichgewicht und Bewegung starrer Körper. Reibung.

Doppler (3) hat den Reibungscoëfficienten zwischen Erde und Eisen, welcher für den Gebrauch aller zum Durchschneiden der Erde dienenden Instrumente von Interesse ist, mittelst Versuche auf horizontaler und schiefer Ebene bestimmt. Es ergab sich 0,5 im Mittel, 0,55 im Maximum in feuchter, thonhaltiger (13 pC. Wasser und im trocknen Zustand 45 pC. Thon) Erde, 0,38 im Minimum in an der Luft getrockneter, wenig thonhaltiger (6,6 pC. Wasser und im trocknen Zustande 18 pC. Thon) Erde. Diese Versuche waren mit blanker Eisenschiene angestellt. Rost vermehrte die Reibung auf 0,56; Einreiben mit Oel verminderte sie auf 0,27 und sie blieb dann selbst nach län-

(1) Wien. Acad. Ber. VIII, 587; IX, 217. — (2) Wien. Acad. Ber. VIII, 593; IX, 27. — (3) Wien. Acad. Ber. VIII, 457.

gerem Abreiben und Putzen der Schiene noch 0,31. — Der ältere Werth 0,197, glaubt Doppler, könne nur durch einen Druckfehler in die Wissenschaft eingeführt sein.

Theorie der Gewölbe.

Als Einleitung zu einem Berichte über die Abhandlung von Yvon Villarçeau (1) über den Bau der Brückenbogen und eine Abhandlung von Carvallo (2) über die Stabilität der Gewölbe hat Poncelet (3) eine höchst interessante historische Darlegung der allmäligen Entwickelung des Problems der Gewölbe seit Coulomb's Zeiten gegeben. Die französischen und wohl auch die besseren englischen Arbeiten über die Theorie der Gewölbe sind sehr vollständig angeführt und ihrem Inhalte nach kritisch beleuchtet, so dafs die Verdienste der oben erwähnten neuen Arbeiten sich danach ermessen lassen.

Druck und Bewegung des trocknen Sandes.

Hagen (4) hat eine Untersuchung angestellt über den Druck und die Bewegung des trockenen Sandes. Der Druck auf eine Scheibe, welche die kreisförmige Oeffnung in der horizontalen Bodenfläche eines Gefäfses schliefst, ist gleich dem Gewichte des daraufstehenden Sandcylinders, vermindert um die Reibung dieses Cylinders an der umgebenden Sandmasse. Da der Cylinder der ersten, die Reibungsgröfse aber der zweiten Potenz der Höhe proportional ist, so würde mit wachsendem Niveauunterschied zwar zuerst ein Zunehmen, dann aber ein Wiederabnehmen des Druckes bemerkbar sein. Da aber der Sandcylinder nicht fest verbunden ist, so kann die Reibung des oberen Theils den Druck des unteren Theils nicht hindern. Dieser bleibt daher jenem Maximumswerthe gleich. Hagen fand ihn dem Gewichte eines mit Sand gefüllten Umdrehungsparaboloids gleich, dessen Parameter $= 4rl$, dessen Höhe $= \frac{r}{4l}$, worin r den Halbmesser der Scheibe und l eine von der Sandreibung abhängige Constante bedeutet. Je nach der verschieden-

(1) Compt. rend. XXXV, 577. — (2) Compt. rend. XXXV, 636. — (3) Compt. rend. XXXV, 494. 531. — (4) Berl. Acad. Ber. 1852, 35.

Druck und Bewegung des trocknen Sandes.

artigen Ablagerung des Sandes mufste l mit verschiedenem Werthe angenommen werden; für die lockersten Schüttungen nämlich 0,154 bis 0,175; für einige Zoll Fallhöhe des Sandes 0,21 bis 0,22.

Das Ausströmen des Sandes durch die kreisförmige Oeffnung wird durch lockere Schüttung begünstigt, es ist die Höhe der Schüttung dagegen ohne Einflufs. Die ausgeflossenen Sandmassen liefsen sich am besten durch die Formel $m = k (v - x)^{\frac{5}{2}}$ ausdrücken, wo $k = 181{,}57$ und $x = 0{,}00893$, d. h. sehr nahe der Dicke eines Sandkörnchens (0,0093) gleich gefunden wurde. Da die Beobachtungen eine mittlere Geschwindigkeit des ausfliefsenden Sandes ergeben, wie man sie durch Rechnung aus der Annahme findet, dafs sich in jeder Zeiteinheit eine Sandschicht von einer gewissen verticalen Höhe aus der ganzen inneren Fläche des oben erwähnten Paraboloids ablöst, so erklärt sich hiernach, warum die durchfliefsende Sandmenge der $\frac{5}{2}$ Potenz des Radius der wirksamen Oeffnung proportional ist. Näheres Detail über Strömungen des Sandes oberhalb und unterhalb der Ausflufsöffnung findet man in der Abhandlung. — Der Sandstrahl erleidet eine Contraction und das Verhältnifs der Oeffnung zum kleinsten Querschnitt, nämlich 1 : 0,65, giebt einen ganz ähnlichen Contractionscoëfficienten, wie bei dem Ausflufs tropfbarer Flüssigkeiten durch Oeffnungen in dünner Wand.

Mechanische Eigenschaften der Stahlfedern.

Von Combes (1) ist ein ausführlicher Auszug aus einer Arbeit von Phillips über die mechanishen Eigenschaften der in der Construction der Eisenbahnwagen angewendeten Stahlfedern erschienen.

Methode, die Schwingungen von Stäben zu zählen.

Montigny (2) hat in einer etwas weitschweifigen Auseinandersetzung eine von ihm angewendete Methode bekannt gemacht, die Schwingungszahl elastischer Stäbe zu bestimmen. Der Stab wird mit dem einen Ende zwischen zwei

(1) Compt. rend. XXXIV, 226; die ausführliche Arbeit von Phillips in Ann. min. [5] I, 195. — (2) Instit. 1852, 216; aus Bull. de l'acad. de Bruxelles XIX, part. I, 227 in Pogg. Ann. LXXXIX, 102.

Metallstückchen über dem Centrum einer um eine verticale Axe rotirenden Holzscheibe eingeklemmt, und durch ein Hindernifs, gegen welches er bei jeder Umdrehung der Scheibe einmal mit seinem anderen Ende stöfst, in Transversalschwingungen versetzt. Ein deutliches Bild des Stabes empfängt der Beobachter nur an den Stellen, an welchen die Geschwindigkeit der Transversalschwingung im Maximum der Umdrehungsgeschwindigkeit entgegengesetzt ist und dieselbe aufhebt, so dafs hier der Stab zu ruhen scheint. Zwischen zwei solchen Lagen des Stabes verfliefst die Zeit einer vollen Schwingung. Multiplicirt man daher die Anzahl solcher, auf einem vollen Umkreis erhaltener Bilder mit der Anzahl der Umdrehungen in einer Secunde, so erhält man die Anzahl der Schwingungen in der Zeiteinheit. Indem Montigny bei sehr verschiedener Rotationsgeschwindigkeit, aber unter sonst gleichen Umständen, immer die nämlichen Schwingungszahlen erhielt, überzeugte er sich, dafs der von der Umdrehung herrührende Luftwiderstand keinen Einflufs auf die Schwingungsdauer des Stabes äufsert. — Bekanntlich verhalten sich, nach der Theorie der Stabschwingungen, die Schwingungszahlen umgekehrt wie die Quadrate der Länge und direct wie die Dicken der Stäbe. Diese Gesetze fand Montigny in zahlreichen Versuchen nach seiner Methode bestätigt, und er glaubt defshalb, dafs die Abweichungen, welche Baudrimont (1) in ähnlichen Untersuchungen fand, nicht sowohl in der Natur der Sache, als in Nebenumständen begründet seien.

Methode, die Schwingungen von Stäben zu zählen.

Montigny ist der Ansicht, dafs seine Methode Genauigkeit genug besitze, um selbst zur Vergleichung der Elasticitätsgröfsen verschiedener Substanzen zu dienen. Er giebt ferner noch an, wie man sie zur Messung der Schwingungszahlen von Saiten gebrauchen könne, wenn man ein Monochord so rotiren lasse, dafs der Punkt, wo die Saite auf dem Stege aufliegt, gerade in die Verlängerung der Rotationsaxe falle.

(1) Jahresber. f. 1850, 83; f. 1851, 81.

Ueber Abweichung der Geschosse.

Magnus (1) hat eine Abhandlung veröffentlicht über die Ursache der Abweichung runder und länglicher Geschosse. Was die ersteren betrifft, so ist vor Allem zu bemerken, dafs die Resultante des Druckes der treibenden Gase meist nicht durch den Schwerpunkt geht und darum neben der Translationsbewegung noch eine Rotation der Geschosse eingeleitet wird. Die rotirende Kugel reifst eine umgebende Luftschichte im Wirbel mit herum, so dafs auf der Seite, auf welcher die Drehungs- mit der Fortpflanzungsbewegung in einerlei Sinn geht, zwei entgegengesetzte Luftströmungen sich stauen, auf der anderen Seite der Kugel dagegen die gleichgerichteten Ströme in ihrer Geschwindigkeit sich unterstützen müssen. Die Centrifugalkraft strebt die Lufttheilchen von der Kugel zu entfernen, und zwar auf der rückwärts schwingenden Hälfte mit gröfserer Energie, als auf der entgegengesetzten Seite der Kugel, welche sich in dem Sinne der Translation dreht. Von dieser Seite wird daher dem Geschofs ein überwiegender Druck gegeben und dasselbe aus der Bahn nach der entgegengesetzten Seite abgelenkt. — Rotirt die Kugel während ihrer fortschreitenden Bewegung so, dafs die Drehungsaxe sich stets in der Hauptnormale der Flugbahn befindet, und nennt man die Bewegung der Kugel, wenn der vorangehende Theil derselben sich von Links nach Rechts in Bezug auf den hinter dem Geschütz befindlichen Beobachter dreht, eine rechtsdrehende, so wird bei dieser das Geschofs nach Rechts, bei der linksdrehenden Bewegung dagegen nach Links abweichen. — Ist die Drehungsaxe des Geschosses stets senkrecht gegen die Ebene der Bahn, so findet anstatt der seitlichen nunmehr eine unter oder über die Tangente der Flugbahn gerichtete Abweichung statt, je nachdem die obere oder die untere Seite der Kugel sich im Sinne der Translationsbewegung dreht. — Nur wenn die Drehungsaxe

(1) Ueber die Abweichung der Geschosse, von G. Magnus, Berlin 1852; Pogg. Ann. LXXXVIII, 1; im Ausz. Instit. 1853, 126.

stets Tangente der Flugbahn wäre, würde gar keine Abweichung in Folge der Rotation stattfinden. Ueber Abweichung der Geschosse.

Die hier vorgetragene Ansicht hat Magnus keineswegs in hypothetischer Weise aufgestellt, sondern dieselbe vielmehr auf eine Reihe sinnreicher und schlagender Experimente gegründet. Gegen einen Cylinder, welcher um seine eigene vertical gerichtete Axe oder um eine ihr parallele benachbarte Linie etwas excentrisch rotirte, wurde aus einem Centrifugalgebläse ein horizontaler bandförmiger Luftstrom von etwas gröfserer Breite als der Cylinder gerichtet und sodann die Stellung beobachtet, welche äufserst bewegliche Windfahnen annahmen, die in der Nähe des Cylinders aufgestellt waren. Wenn der Cylinder ruhte, zeigten die Fahnen beiderseits einfach die Richtung des Luftstromes an. Sobald aber der Cylinder rotirte, und zwar so rasch, dafs die Bewegung, welche die Luft durch die Rotation erhielt, nicht viel geringer war, als die des Stromes, so wurde die Fahne auf der Seite, auf welcher beide Bewegungen in gleichem Sinne stattfanden, stark gegen den Cylinder bewegt, die Fahne auf der anderen Seite wurde weggedrückt. Es war folglich auf jener Seite ein geringerer, auf dieser ein gröfserer Luftdruck vorhanden.

Um zu zeigen, dafs der auf diese Weise nachgewiesene Unterschied im Luftdruck in der That hinreiche, um eine merkliche Abweichung zu erzeugen, liefs Magnus den Luftstrom gegen einen leichten, hohlgearbeiteten Messingcylinder wirken, welcher am Ende des Wagebalkens einer empfindlichen Drehwage aufgehängt war. Blies der Luftstrom gegen den ruhenden Cylinder, oder rotirte der Cylinder, ohne dafs ihn ein Luftstrom traf, so beharrte der Wagebalken der Drehwage in seiner anfänglichen Lage. Dagegen wurde der rotirende Cylinder durch den Luftstrom sogleich aus seiner Stelle getrieben, und zwar nach der Seite hin, auf welcher Drehung und Strom in gleichem Sinne gerichtet waren. Wenn man durch Drehung des Centrifugalgebläses den Strom dem Cylinder folgen liefs,

Ueber Abweichung der Geschosse.

so konnte man ihn im Kreise herumtreiben; eine im Anfang absichtlich angebrachte entgegengesetzte Bewegung konnte allein durch die Wirkung des Stromes aufgehoben und in diejenige umgewandelt werden, welche die oben mitgetheilten Betrachtungen verlangen.

Die Abweichung länglicher Geschosse (Spitzkugeln), welche aus gezogenen Geschützläufen abgefeuert werden, findet erfahrungsmäfsig immer nach der rechten Seite hin statt, und zwar, wie Magnus bemerkt, darum, weil die Schraubengänge in den gezogenen Läufen immer rechtsgewundene sind. Links gewundene würden den entgegengesetzten Effect haben. Eine aufmerksame Beobachtung solcher Geschosse, welche mit so geringer Kraft abgefeuert wurden, dafs sie auf ihrer Bahn mit den Augen verfolgt werden konnten, lehrte, dafs die Spitze des im hinteren Theil cylindrischen, im vorderen Theile konischen Geschosses auf der absteigenden Hälfte der Flugbahn etwas höher lag, als der Richtung der Tangente entsprach, und dabei etwas nach Rechts abwich. Wäre hier die nämliche Ursache der Ablenkung wirksam, wie bei den runden Geschossen, so hätte die Abweichung die entgegengesetzte der beobachteten sein müssen.

Zur Erklärung der Abweichung länglicher Geschosse geht Magnus von Versuchen aus, bei welchen er die Spitzkugel innerhalb dreier Ringe, ähnlich dem Sphäroïd im Bohnenberger'schen Apparat (1), also mit ganz freier Axe rotiren läfst. Damit die Axe des Geschosses ihrer anfänglichen Richtung parallel bleibe, mufs der Schwerpunkt des Körpers und der Ringe in den gemeinschaftlichen Mittelpunkt der letzteren fallen. In diesem Falle ist die Axe des rotirenden Körpers nicht leicht aus ihrer Lage zu bringen. Ist diese gegen den Horizont geneigt und es wirkt eine Kraft aufserhalb des Schwerpunktes auf sie ein, so bewegt sich die Axe keineswegs in der Ebene dieser

(1) Gilbert's Annalen LX, 60.

Kraft, sondern in einer Kegelfläche, indem sie ihre Bewegung rechtwinklig gegen jene Ebene beginnt. Ueber Abweichung der Geschosse.

Die Präcisirung der einzelnen Fälle, wie sie zur Erklärung des Phänomens der Abweichung länglicher Geschosse erfordert wird, läfst sich nicht kürzer geben, als diefs von Magnus in folgenden Worten geschehen ist. Denkt man sich das spitze Ende der Rotationsaxe von dem Beobachter abgewendet und an diesem Ende die Kraft wirkend, so bewegt sich die Spitze zunächst nach der Rechten oder nach der Linken des Beobachters, je nachdem die Kraft von Unten nach Oben oder von Oben nach Unten wirkt, vorausgesetzt, dafs die Rotation in dem Sinne erfolgt, wie die Drehung der Zeiger an der Uhr. Geht die Rotation umgekehrt, oder versetzt man bei dem ersteren Drehungszustand die Kraft an das hintere, stumpfe Ende des rotirenden Körpers, so wird die Anfangsbewegung der Axe die umgekehrte.

Magnus giebt nun weiter an, dafs die gegen die untere Seite des Geschosses wirkende Resultante des Luftdrucks, welcher durch die Translationsbewegung entsteht, zwar durch die Axe, aber nicht durch den Schwerpunkt gehe, vielmehr etwas vor demselben angreife. Dadurch werde die Spitze zwar zunächst gehoben, in Folge hiervon entstehe aber eine Abweichung nach Rechts. Sobald diese Bewegung angefangen habe, sei die Ebene, welche durch die Richtung des Widerstandes, d. h. die Tangente der Flugbahn und durch die Axe des Geschosses gehe, nicht mehr vertical, und mit zunehmender Abweichung der Spitze nehme die Neigung dieser Ebene gegen den Horizont immer mehr zu. Da nun aber nach dem Obigen die Spitze sich immer senkrecht gegen diese Ebene bewegt, so mufs sie sich endlich senken, wie diefs der unmittelbaren Beobachtung entspricht.

Auch die über die Abweichung länglicher Geschosse entwickelte Ansicht hat sich Magnus an der Hand vergleichender Experimente gebildet. Auf den zwischen den

Ueber Abweichung der Geschosse.

Ringen rotirenden, einerseits zugespitzten Cylinder liefs er einen Luftstrom wirken, welcher aus einem durch einen Blasebalg gespeisten Behälter durch 484 feine Oeffnungen hervordrang, die auf einem Quadrat von 3 Zoll Seite gleichmäfsig vertheilt waren. Die Abweichung und Senkung der Spitze trat ganz den oben entwickelten Sätzen gemäfs ein, wie bei einem länglichen Geschosse.

In einem besonderen Anhang zu seiner Arbeit macht Magnus auf eine eigenthümliche Erscheinung bei rotirenden Körpern aufmerksam. Sie besteht darin, dafs die Rotationsaxe ihr Beharrungsvermögen verliert und leicht beweglich wird, wenn man im Bohnenberger'schen Apparat den mittleren Ring festhält, oder, was auf dasselbe hinausläuft, einen Apparat mit zwei Ringen construirt, deren äufserer feststeht. Magnus schliefst aus dieser Beobachtung, dafs die seitherige Erklärung des Beharrungsvermögens frei rotirender Axen, nämlich allein aus der Trägheit der bewegten Masse, unzureichend sei. Bezüglich einer instructiven Abänderung des Versuchs müssen wir, da eine Beschreibung ohne Figur zu viel Raum erfordern würde, auf die Abhandlung selbst verweisen. Wir bemerken nur, dafs Magnus damit die zwei Hälften des rotirenden Körpers sich in entgegengesetztem Sinne drehen lassen konnte, und dafs in diesem Falle bei gleicher Drehungsgeschwindigkeit die Rotationsaxe auch dann leicht beweglich erschien, wenn die drei Ringe oder der Apparat, welcher sie ersetzte, frei gelassen wurde. Je gröfser der Unterschied der Geschwindigkeiten wird, um so mehr nimmt die Unveränderlichkeit der Axe zu.

Uebrigens bemerkt Magnus, dafs eine Bewegung der Rotationsaxe immer bei der Einwirkung einer Kraft erfolge, welche durch diese Axe, aber nicht durch den Schwerpunkt gehe; nur sei diese Bewegung, wenn der Körper sehr schnell rotire, aufserordentlich gering, nicht blofs im Verhältnifs zur Rotationsbewegung, sondern auch relativ zu der Bewegung, in welche die Axe versetzt worden wäre, wenn

dieselbe Kraft eingewirkt hätte, ohne dafs der Körper rotirte.

Challis (1) hat seine mathematischen Entwickelungen der ersten Grundzüge der Hydrodynamik fortgesetzt (2). Caligny (3) hat in einigen kurzen Notizen Resultate seiner Untersuchung über Wirbel- und Wellenbewegung mitgetheilt. Gleichgewicht und Bewegung tropfbarflüssiger Körper.

Die im vorjährigen Berichte besprochenen Untersuchungen E. H. Weber's über Wellenbewegung in elastischen Röhren und über den Umlauf des Blutes (4) haben Volkmann (5) Veranlassung gegeben, die in seinem Werke über Hämodynamik aufgestellten Sätze, welche Weber angegriffen hatte, zu vertheidigen. Die Discussion dreht sich hauptsächlich um drei Differenzpuncte: 1) Ist Volkmann der Ansicht, dafs das Blut auch in den weiteren Theilen der Gefäfse schon einen merklichen Widerstand erfahre, dieser also keineswegs fast ausschliefslich auf Rechnung der Capillaren zu setzen sei; 2) bestreitet Volkmann die Ansicht Weber's, dafs die Herzbewegung keinen Druck in den Gefäfsen erzeuge, sondern der vorhandene Gesammtdruck lediglich von der im ganzen Kreislauf zu einer gewissen Zeit vorhandenen Blutmenge abhängig sei; 3) behauptet Volkmann, dafs die Pulswellen allein die Fortschaffung des Blutes in den Gefäfsen besorgen, und keineswegs noch eine von der Wellenbewegung unabhängige Strömung, bedingt durch das Uebergewicht des Druckes im Arteriensystem gegen den Druck im Venensystem, existire. Bewegung und Druck des Blutes.

Nachdem Volkmann in einer ausführlichen Kritik die von Weber angezogene Autorität Young's beseitigt, führt er zur Stütze von Nr. 1 das Resultat seiner unmittelbar

(1) Phil. Mag. [4] IV, 438. — (2) Vgl. Jahresber. f. 1851, 83. — (3) Instit. 1852, 13; Compt. rend. XXXIV, 360. — (4) Jahresber. f. 1851, 87. — (5) Müller's Archiv für Anatomie und Physiologie, 1852, Heft III, 287.

Bewegung und Druck des Blutes.

am Kreislauf angestellten Messungen an, welche an den Enden einer 900mm langen Strecke einer Carotis eine Druckdifferenz gleich einer 8,6 Zoll hohen Blutsäule gaben. Zu Nr. 2 bemerkt Volkmann, dafs zwar der statische Druck des Blutes durch das Herz nicht vermehrt, aber der ganze, durch die Bewegung erzeugte Widerstandsdruck zugefügt werde. Dieser Schlufs wird unterstützt durch Erfahrungen, nach welchen bei Durchschneidung der *nervi vagi*, oder bei Einspritzung von Digitalisinfusum, mit vermehrter Pulsschnelle eine ganz plötzliche Erhöhung des Blutdruckes beobachtet wurde. Bezüglich des dritten Punktes macht Volkmann darauf aufmerksam, dafs der höhere Druck im Arteriensystem, insofern er zur Ueberwindung der Widerstände diene, keine Geschwindigkeit erzeuge, von ihm also die von Weber angenommene Strömung nicht eingeleitet werden könne. Da aber Wellenstöfse nach Weber's eigenen Versuchen und Schlüssen zur Fortschaffung einer flüssigen Masse in elastischen Röhren geeignet seien, da ferner in der Zwischenzeit von einem Pulsschlag zum andern die ganze Welle durch das Gefäfssystem gehe, also alles Blut, welches die Herzkammer ausgestofsen hatte, zum Vorhofe zurückgebracht sei, so könne man nicht nur die Fortschaffung des Blutes auf Rechnung der Pulsbewegung setzen, sondern dürfe gar keine andere daneben wirkende Ursache mehr annehmen.

Theorie hydraulischer Maschinen.

Porro (1) hat eine allgemeine Theorie hydraulischer Maschinen entwickelt, deren Schlufssätze hier mitzutheilen der Raum nicht gestattet. Wir bemerken nur, dafs er bezüglich der vortheilhaftesten Form der Schaufeln an Wasserrädern, sowohl für die Aufnahme des Stofses der Flüssigkeit, als für das Wiederausgiefsen derselben, zu neuen Resultaten gelangt ist. Ein nach dieser Theorie construirtes Wasserrad, sagt Porro, kann sowohl als oberschlägiges wie als unterschlägiges Rad gebraucht werden, es kann mit

(1) Compt. rend. XXXIV, 172.

gleichem Vortheil durch tropfbare oder durch elastische Flüssigkeiten bewegt werden; es kann in negativem Sinne, d. h. durch eine fremde Kraft bewegt, als Wasserheb- oder Ventilationsapparat dienen, es bildet die beste Form eines rotirenden Dampfrades und ist bei dem gröfsten, wie bei dem geringsten Gefälle mit den kleinsten Anlagekosten herzustellen — in der That viele empfehlenswerthe Eigenschaften. — L. D. Girard (1) hat neue Versuche mit seiner hydropneumatischen Turbine (2) mitgetheilt. Theorie hydraulischer Maschinen.

Regnault hatte in seinen hygrometrischen Studien (3) eine Methode angegeben, unter der Glocke der Luftpumpe eine bedeutende Annäherung an ein vollkommenes Vacuum zu erhalten. Sie besteht darin, dafs man in einen Glasballon von 20 bis 25 Liter Gehalt, welcher mit der Luftpumpe verbunden werden kann, 40 bis 50 Grm. concentrirter Schwefelsäure in eine Glaskugel eingeschmolzen und ferner etwa 2 bis 3 Grm. Wasser einbringt und dann so lange auspumpt, bis das Wasser verschwunden ist. Man schliefst alsdann ab und zerbricht durch Bewegung des Ballons die Glaskugel, welche die Schwefelsäure enthält. Das Vacuum im Ballon wird so gut wie vollständig, und wenn man ihn durch luftleer gemachte Röhren mit dem gleichfalls ausgepumpten Raume, worin das Vacuum eigentlich dargestellt werden soll, in Verbindung setzt, so erreicht man seinen Zweck mit einer oder zwei solchen Operationen um so vollständiger, je kleiner der letztgedachte Raum im Verhältnifs zu demjenigen des Ballons ist. Gleichgewicht und Bewegung gasförmiger Körper. Vollkommnes Vacuum.

Andrews (4) giebt nun eine Methode an, welche mit weniger Umständen ein fast vollkommenes Vacuum unter der gewöhnlichen Glocke der Luftpumpe darzustellen gestattet, ohne dafs die Luftpumpe selbst weiter als auf 0,3 Zoll Manometerdruck verdünnt, wofern sie nur so be-

(1) Compt. rend. XXXIV, 294. — (2) Vgl. Jahresber. f. 1850, 102; f. 1851, 111. — (3) Ann. ch. phys. [3] XV, 190. — (4) Phil. Mag. [4] III, 104; Chem. Soc. Qu. J. V, 189; Pogg. Ann. LXXXVIII, 309.

Vollkommnes Vacuum.

schaffen ist, den einmal hergestellten Verdünnungsgrad längere Zeit unverändert zu behaupten. Man bringt unter der Glocke zwei offene Gefäfse übereinander an, das untere mit concentrirter Schwefelsäure gefüllt, das obere mit einer dünnen Schichte von Kalilauge versehen, welche kurz zuvor durch Sieden concentrirt wurde. Die Schwefelsäure mufs hinreichen, die Kalilösung vollkommen auszutrocknen, sie mufs indessen keine gröfsere Oberfläche darbieten, als nöthig ist, jene Austrocknung in 5 bis 6 Stunden zu bewirken. Man pumpt alsdann bis auf etwa 0,4 Zoll Druck aus, läfst hierauf möglichst reines Kohlensäuregas zutreten, welches schon vorher einige Zeit das Röhrensystem durchströmte, pumpt dann wieder aus und wiederholt, wenn man die äufserste Verdünnung erreichen will, die Operation noch ein- oder zweimal. Die zurückbleibende Kohlensäure wird dann von der Kalilauge, der Wasserdampf von der Schwefelsäure aufgesogen. Andrews beobachtete bei einem derartigen Experiment nach Verlauf von etwa 3 Stunden nur noch 0,02 Zoll Druck, nach 36 Stunden war nicht der geringste Niveauunterschied am Manometer mehr wahrnehmbar, obgleich jedesmal nur auf 0,4 Zoll Druck ausgepumpt worden war. Die theoretisch berechnete Verdünnung betrug nach Andrews $\frac{1}{135\cdot000}$ im Volum, oder $\frac{1}{4500}$ Zoll Manometerdruck.

Fontaine (1) scheint fast unmittelbar nach Andrews auf den nämlichen Gedanken gekommen zu sein, Kohlensäure zur Herstellung eines vollkommenen Vacuums anzuwenden.

Theorie der Elasticität der Gase.

Waterstone (2) hat die Gesetze der Wärme und Elasticität der Gase aus der Annahme von Schwingungsbewegung der materiellen Theilchen hergeleitet. Die lebendige Kraft der Bewegung aller Theilchen macht die in einem

(1) Compt. rend. XXXIV, 408; Dingl. pol. J. CXXIV, 235. — (2) Report of the 21. Brit. Assoc. Not. and abstr. 6.

Gasvolum enthaltene Wärmemenge aus. Die Elasticität ist dem Quadrat der Schwingungsgeschwindigkeit und der Anzahl der in einem gegebenen Volum enthaltenen Theilchen proportional. Diese Elasticität ist zugleich das Mafs der Temperatur, wenn man diefs von 291° unter Null an rechnet. Die Erwärmung oder Abkühlung durch Compression oder Ausdehnung, sowie die Gesetze der Diffusion findet Waterstone in Uebereinstimmung mit seiner Theorie. Theorie der Elasticität der Gase.

Avogadro (1) hat Betrachtungen über die Schlüsse angestellt, welche man aus Regnault's (2) Beobachtungen über das Verhältnifs von Druck und Volum des Wasserstoffgases, der atmosphärischen Luft, des Stickstoffgases nnd der Kohlensäure ziehen kann. Bezeichnet r den Druck in Metern Quecksilber, m die Dichte des Gases, die bei dem Druck von 1 Meter Quecksilber als Einheit genommen, so müfste $\frac{r}{m}$ nach dem Mariotte'schen Gesetze für jeden Druck = 1 bleiben. Dieser Quotient wächst aber mit zunehmendem Druck bei dem Wasserstoffgas; er nimmt dagegen ab bei den drei anderen Luftarten, und zwar entschieden am Stärksten bei der Kohlensäure. Es liegt hiernach nahe, an eine Annäherung an den Condensationszustand zu denken, wenn auch dieser Zustand selbst für atmosphärische Luft und Stickstoffgas noch nicht herbeigeführt werden konnte. Allein für das Wasserstoffgas würde hiernach ein mehr als vollkommener Gaszustand herauskommen, eine an sich unklare Vorstellung. Avogadro bemerkt, es sei eine weit verständlichere Auslegung, anzunehmen, dafs die Abstofsung der Gastheilchen überhaupt in stärkerem Verhältnifs wachse, als das Mariotte'sche Gesetz verlange, dafs dieses Gesetz für alle Gase nur eine annähernde, für gewisse Druck- und Temperaturverhältnisse zutreffende Zusammendrückbarkeit der Gase.

(1) Arch. ph. nat. XX, 126 aus den Mém. de l'Academ. des scienc. de Turin [2] XIII; im Ausz. Instit. 1853, 29. — (2) Jahresber. f. 1847 u. 1848, 136.

Zusammendrückbarkeit der Gase.

Giltigkeit habe, und dafs jene stärkere Abstofsung nur erst in einem gewissen Abstande vom Condensationspunkte durch entgegengesetzte Wirkungen aufgehoben werde. Wenn das Mariotte'sche Gesetz bis zu den geringsten Dichten giltig bleiben solle, so würde daraus noch eine proportionale Abstofsung der Molecüle bei beträchtlichem Abstande derselben folgen, während doch die Molecularkräfte nach allen Erfahrungen der Physik in jeder endlichen Entfernung unwirksam werden.

An die Stelle der von Regnault (1) zur Darstellung seiner experimentellen Resultate vorgeschlagenen Interpolationsformel setzt Avogadro einen aus zwei Gliedern bestehenden Ausdruck. Das erste Glied giebt Werthe für den Quotienten $\frac{r}{m}$, welche mit dem Drucke anwachsen, das zweite Glied tritt erst von dem Punkte an, wo die Condensationswirkung beginnt sich geltend zu machen, mit einem reellen Werthe in die Formel ein. Die in beide Glieder eingehenden Coëfficienten gelten nur für eine bestimmte Temperatur, und zwar hat Avogadro sie für die Temperatur von 3° oder 4° berechnet, bei welcher Regnault seine Versuche angestellt hat.

Das erste Glied hat die Gestalt $m = a^{\sqrt[3]{\frac{r}{m} - 1}}$, woraus $\frac{r}{m} - 1 = \frac{(\log m)^3}{(\log a)^3}$ folgt. Hiernach ist der Druck gleich Null, nicht, wie das Mariotte'sche Gesetz $\left\{\frac{r}{m} - 1 = 0\right\}$ verlangt, erst dann, wenn die Dichte Null ist, sondern für $m = \frac{1}{a}$. Für die angegebene Temperatur ergiebt sich aus Regnault's Versuchen $a = 9735{,}32$, also $\frac{r}{m} - 1 = 0{,}015762\ (\log m)^3$.

Die Grenze, bei welcher die Werthe von $\frac{r}{m}$ anfangen, kleiner zu werden, als aus vorstehender Formel folgt, liegt

(1) Jahresber. f. 1847 u. 1848, 136.

für das Wasserstoffgas bei $m = 2$, für das Stickstoffgas bei $m = 1{,}25$, für das Sauerstoffgas bei $m = 1$, für die Kohlensäure bei $m = \frac{1}{4}$. Diese Werthe hat man für A in das zweite Glied $C\ (m - A)^{\frac{9}{8}}$ der vollständigen Formel einzusetzen. Der Werth von C ist von der Natur des Gases abhängig und mit der Temperatur veränderlich. Die vollständigen Formeln für die genannten vier Gase sind demnach die folgenden : Zusammendrückbarkeit der Gase.

für Wasserstoffgas $\frac{r}{m} - 1 = 0{,}015762\ (\log m)^3 - 0{,}00088465\ (m - 2)^{\frac{9}{8}}$

für Stickstoffgas $\frac{r}{m} - 1 = 0{,}015762\ (\log m)^3 - 0{,}0017573\ (m - 1{,}5)^{\frac{9}{8}}$

für Sauerstoffgas $\frac{r}{m} - 1 = 0{,}015762\ (\log m)^3 - 0{,}003538\ (m - 1)^{\frac{9}{8}}$

für Kohlensäure $\frac{r}{\mu} - 1 = 0{,}015762\ (\log \mu)^3 - 0{,}0074716\ (\mu - 0{,}25)^{\frac{9}{8}}$

Für die Kohlensäure ist auch das positive Glied der Formel modificirt, weil dieser Körper bei einem Meter Quecksilberdruck noch nicht als vollständiges Gas sich verhält. Es ist $\mu = 1{,}0053\ m$ gesetzt, wo m die nämliche Bedeutung hat, wie in den andern Formeln. — Die vier Ausdrücke geben für die Gase Maxima des Druckes, über welche hinaus Verdichtung zu einer tropfbaren Flüssigkeit, also eine Abnahme der Gasdichte eintritt; diese Werthe, welche für die Temperatur von 3 oder 4° gelten, sind die folgenden :

	Dichte	Druck in Metern Quecksilber
Wasserstoffgas . . .	357	217
Stickstoffgas . . .	181	104
Sauerstoffgas . . .	91	51
Kohlensäure . . .	44	24

Als Einheit der Dichte ist diejenige bei einem Quecksilberdruck von 1 Meter angenommen.

Dirichlet (1) hat aus Grundgleichungen der Hydrodynamik die Bewegung der Flüssigkeit abgeleitet, wie sie eintritt, wenn in einer unbegrenzten bewegten flüssigen Masse Bewegung im widerstehenden Mittel.

(1) Berl. Acad. Ber. 1852, 12.

Bewegung im widerstehenden Mittel.

ein starrer unbewegter Körper von kugelförmiger Gestalt Widerstand leistet. Das Problem hat gleiches Resultat mit demjenigen, bei welchem die Flüssigkeit ruhend und die Kugel bewegt gedacht würde. Dirichlet findet, dafs die Kugel unter Einwirkung einer nach Richtung und Intensität beliebig veränderlichen beschleunigenden Kraft sich im widerstehenden Mittel gerade so bewegt, wie sie sich im leeren Raum bewegen würde, wenn die Kraft jeden Augenblick mit Beibehaltung der Richtung im Verhältnifs von $2\varrho' + \varrho$ zu $2\varrho'$ verkleinert würde, worin ϱ die Dichte der Flüssigkeit und ϱ' die mittlere Dichte der Kugel bedeutet. Der Druck gegen die Oberfläche des bewegten Körpers ist allein von der in jedem Augenblicke wirkenden beschleunigenden Kraft abhängig und nicht von der Geschwindigkeit des bewegten Körpers. Die Bewegung der Kugel geht augenblicklich in eine geradelinige und gleichförmige über, sobald die beschleunigende Kraft zu wirken aufhört. — Auch die Gestalt der Curven, welche die bewegten Wassertheilchen beschreiben, hat Dirichlet aus seinen Entwickelungen abgeleitet.

Gestalt von Gasströmen.

Sondhaufs (1) hat die Form der aus kreisförmigen Oeffnungen in dünner Wand austretenden Gasströme studirt, indem er den Rauch einer Cigarre mit der ausströmenden Luft sich mischen liefs. Er fand grofse Aehnlichkeit mit dem Verhalten von Wasserstrahlen. Die zunächst der Ausflufsöffnung beobachtete Contraction kann insofern nicht als eine reine Analogie zu dem nämlichen Phänomen bei tropfbar-flüssigen Körpern gelten, als der Druck der umgebenden Luft für sich schon eine derartige Verengung des Querschnittes eines Gasstroms zu erzeugen geeignet ist.

Der Rauchstrom breitete sich bei senkrechtem Anprallen gegen eine Platte zu einer concaven, ebenen oder convexen Fläche aus, je nach dem Abstand der Platte

(1) Pogg. Ann. LXXXV, 58.

von der Ausflufsöffnung. Zwei direct gegeneinander gerichtete Rauchströme breiteten sich an dem Punkt des Zusammentreffens zu einer Scheibe aus. Sie lenkten sich von ihrer geraden Richtung ab, wenn sie nicht central gegeneinander gerichtet waren. Gestalt von Gasströmen.

Am Schlusse seiner Arbeit beschreibt Sondhaufs noch eine einfache Vorrichtung zur Anstellung des bekannten Hachette'schen Versuchs.

Physik der Erde. Mittlere Dichte der Erde.

In einem Auszug aus seiner, in den Verhandlungen der mathematisch-physikalischen Classe der königl. Gesellschaft der Wissenschaften zu Leipzig erschienenen Abhandlung beschreibt F. Reich (1) die Abänderungen, welche er an der von Cavendish, Baily (2) und ihm selbst angewendeten Methode zur Bestimmung der mittleren Dichte der Erde angebracht hat, um das Resultat zuverlässiger zu machen. In seiner früheren Untersuchung hatte Reich 5,45 gefunden, fast genau wie Cavendish. Baily's weit zahlreichere Beobachtungen ergaben 5,66. Durch eine zweckmäfsigere Berechnungsmethode seiner früheren Beobachtungsmethode brachte Reich sein Resultat auf 5,49; dagegen ist er der Meinung, dafs bei Baily's Beobachtungen eine Correction nicht ganz richtig bestimmt und der Endwerth darum zu grofs gefunden worden sei. Baily fand nämlich die mittlere Dichte der Erde aus den Versuchen mit:

2,5	zölligen	Bleikugeln	5,595	2	zölligen	Zinkkugeln	5,666
2	„	„	5,634	2	„	Glaskugeln	5,768
2,5	„	hohlen Kupferkugeln	5,658	2	„	Elfenbeinkugeln	5,775
1,5	„	Platinkugeln	5,627	dem kupfernen Arm allein			6,024

Abgesehen von einer unbeträchtlichen Abweichung bei den Platinkugeln fiel das Resultat um so gröfser aus, je leichter die Kugeln waren.

(1) Pogg. Ann. LXXXV, 189; Phil. Mag. [4] V, 153; im Ausz. Arch. phys. nat. XX, 137; Sill. Am. J. [2] XIV, 98; das Endresultat wurde schon in dem Jahresber. f. 1851, 92 mitgetheilt. — (2) Pogg. Ann. LVII, 453.

Mittlere Dichte der Erde.

Reich umgab das Gehäuse, worin die (aus Zinn mit 10 pC. Wismuth und etwas Blei bestehenden) 484,19 Grm. schweren Kugeln aufgestellt waren, nach dem schon von Baily befolgten Vorschlage von Forbes, mit einer Metallbekleidung, und erhielt dadurch unvergleichbar sicherere Beobachtungen. Er läfst es dahin gestellt, ob die verminderte Empfindlichkeit des Gehäuses gegen Temperatureinflüsse, oder die Beseitigung jeder Spur von Electricitätsentwicklung die Ursache der Verbesserung sei. — Um den Einflufs der anziehenden Kraft der Träger zu vermeiden, brachte Reich die 45031 Grm. schweren Bleimassen auf eine Art Drehscheibe, welche die Kugel und das Gehäuse umgab. Wenn man die Masse abwechselnd von der einen oder anderen Seite auf die Kugel wirken liefs, änderte kein anderer Körper seine Anziehung auf die Kugel. Eine erste Versuchsreihe wurde mit einem $0^{mm},5$ dicken und 2270^{mm} langen Kupferdrahte, eine zweite Reihe mit einem $0^{mm},4$ dicken und 620^{mm} langen Kupferdrahte, die dritte Reihe mit einem bifilaren Eisendrahte unten von $4^{mm},2$, oben von 5^{mm} Abstand und 2270^{mm} lang angestellt.

Reich erhielt die folgenden Mittelwerthe, jedesmal aus 24 Einzelversuchen:

	Erste Reihe	Zweite Reihe	Dritte Reihe	Mittel
Mittlere Dichte	5,5519	5,6173	5,5910	5,5832
Wahrscheinl. Fehler	0,0152	0,0181	0,0169	0,0149

Durch vergleichende Versuche mit Wismuth und Eisenkugeln überzeugte sich Reich, dafs die magnetische Einwirkung auf das Eisen die Resultate der Versuche trüben kann, dafs aber der Einflufs diamagnetischer Körper ein für die Beobachtung völlig verschwindender ist.

Abplattung der Erde.

Hennessy (1) hat gezeigt, dafs die Ansicht Derjenigen, welche die Abplattung der Erde als eine Wirkung der Gewässer auf dem ursprünglich starren Planeten ansehen, zu einem unrichtigen Werthe des Abplattungsverhältnisses,

(1) Instit. 1852, 380.

nämlich zu $1/404$, führe, während die Beobachtung doch $1/300$ ergeben habe.

Der Foucault'sche Versuch, die Drehung der Erde anschaulich zu machen, welchem wir im vorjährigen Berichte (1), des allgemeinen Interesses wegen, welches er erweckte, eine ausführliche Berichterstattung gewidmet hatten, ist auch im Jahr 1852 noch Gegenstand mannichfacher Discussion geworden. Namentlich sind zahlreiche Vorschläge gemacht worden, mittelst anderer, zum Theil compendiöserer Apparate, als das ursprünglich vorgeschlagene lange Fadenpendel, den nämlichen Zweck zu erreichen. — Zunächst erwähnen wir einer Schrift von Garthe (2), welche den Foucault'schen Versuch nach allen Richtungen hin erörtert, soweit diefs in elementarer Weise möglich ist. Diejenigen unter den zum Ersatz des Fadenpendels beschriebenen Apparaten, welche als neu bezeichnet werden können, flöfsen nicht gerade das gröfste Zutrauen bezüglich des Gelingens ein. Der erste ist von Kabisch ersonnen und besteht in einer senkrechten, von der Zimmerdecke zum Fufsboden reichenden drehbaren hölzernen Säule, welche durch die Schwingungen eines Pendels herumgeführt werden soll, die ihrerseits durch ein in der Säule selbst angebrachtes Uhrwerk unterhalten werden sollen. Das von Garthe vorgeschlagene *Geostrophometer* besteht aus einem um verticale Zapfen drehbaren Rahmen von Mahagoniholz, welcher Frictionsrollen trägt, die ihrerseits der horizontalen Axe eines grofsen Rades zum Lager dienen. Dieses Rad soll Zellen enthalten nach Art oberschlägiger Wasserräder, und auch wirklich durch Wasser in Umdrehung versetzt und erhalten werden, welches durch eine mit dem Rahmen drehbare Röhre zuströmt und unten in passender Weise wieder abgeleitet wird. Das

Beweis für die Drehung der Erde.

(1) Jahresber. f. 1851, 92. — (2) Foucault's Versuch, als directer Beweis der Axendrehung der Erde, nebst Beschreibung des Geostrophometers, von Dr. Garthe, Köln 1852.

Beweis für die Drehung der Erde.

Rad soll während der Umdrehung der Erde seine Rotationsebene beibehalten. — Person (1) hat zum Ersatz des Fadenpendels das Bohnenberger'sche Maschinchen vorgeschlagen, ohne zu erwähnen, dafs ein Jahr früher von Poggendorff (2) der nämliche Vorschlag ausgegangen war. Er bemerkt, dafs wenn man die Drehaxe der frei rotirenden Kugel jenes Maschinchens anfänglich horizontal gerichtet habe, die horizontale Composante der Rotationsbewegung der Erde an irgend einem Orte der Drehaxe nur eine Bewegung in der durch sie gelegten Verticalebene ertheile (vgl. S. 89), und dafs diese Bewegung sich fortsetze, bis die Drehaxe mit der Verticalen des Ortes zusammenfalle, und zwar jedesmal in der Richtung, dafs die Drehung der Kugel zuletzt in einerlei Sinn mit derjenigen der Erde erfolge. Das unveränderte Azimut der Ebene, welche die Drehaxe der Kugel enthalte, angezeigt durch die Lage des mittleren Ringes, lasse die horizontale Composante der Erdrotation unmittelbar erkennen. Um der Messung sicher zu sein, bemerkt Person, müsse man das Maschinchen auch in entgegengesetztem Sinne in Rotation versetzen, da durch eine unvollkommene Aequilibrirung eine konische Bewegung der Axe (Präcessionsbewegung) eintreten könne.

Versuche, welche Sire (3) mit einem Apparat anstellte, welcher dem von Garthe vorgeschlagenen ziemlich ähnlich war, mit einem Rad nämlich, welches um eine horizontale Axe umlief, während der Rahmen, der die Lager dieser Axe trug, selbst um eine verticale Axe drehbar war, fielen nicht ganz nach Erwartung des Erfinders aus. Auf der Schwungmaschine unter ähnlichen Umständen, wie über dem Pole der Erde, umgedreht, zeigte es sich, wie schwer es war, die beiden Drehaxen in eine Linie zu bringen, so dafs die Drehebene des Rades, anstatt stabil zu sein, bald

(1) Compt. rend. XXXV, 417; Instit. 1852, 319. — (2) Jahresber. f. 1851, 101. — (3) Compt. rend. XXXV, 431; Instit. 1852, 319.

vorwärts, bald rückwärts ging. Ueber dem Aequator rotirend, stellte sich das Rad immer in die Ebene des Aequators, so dafs seine Drehungsbewegung mit derjenigen der Erde parallel ging. In einer beliebigen Breite wird das Rad sich demnach immer rechtwinklig zum Meridian stellen. — Person (1) hat von den Versuchen Sire's Veranlassung zu weiteren Untersuchungen mit dem Bohnenberger'schen Maschinchen genommen, und kam zu dem Resultate, dafs man sich in jeder Breite in den Fall der Aufstellung über dem Pole versetzen könne, wenn man der Drehaxe der rotirenden Kugel von vornherein eine mit der Erdaxe parallele Lage gebe. Die von dem mittleren Ring angezeigte Azimutaländerung betrage einen Umkreis in 24 Stunden. — Der Erfinder des Pendelversuchs, Foucault (2), war bestrebt, die Anwendung des Bohnenberger'schen Maschinchens durch einen Apparat eigener Construction zu ersetzen. Ein cylindrisch-ringförmiger Körper von Bronzemetall ist in zwei concentrischen Stahlringen um zwei rechtwinklig zu einander gestellte horizontale Axen drehbar, während der äufsere Ring an einem Faden ohne Torsion aufgehangen ist. Darüber, ob dieser Apparat bezüglich vollkommen freier Beweglichkeit allen Anforderungen genüge und das Bohnenberger'sche Maschinchen zu dem angedeuteten Zwecke ersetzen könne, ist eine Controverse zwischen Foucault und Quet (3), welcher die Theorie des Foucault'schen Apparates zu geben versuchte, einerseits, und Person (4) andererseits entstanden, auf welche wir jedoch hier nicht näher eingehen wollen. — Dieu (5) hat eine neue analytische Untersuchung der Pendelschwingungen mit Rücksicht auf die Rotation der Erde, aber ohne Berücksichtigung des Luftwiderstandes, sowie eines unter

Beweis für die Drehung der Erde.

(1) Compt. rend. XXXV, 549. — (2) Compt. rend. XXXV, 421; Instit. 1852, 320; Arch. ph. nat. XXI, 132. — (3) Compt. rend. XXXV, 602. 686. 688. 732; Instit. 1852, 342. 358. 371. — (4) Compt. rend. XXXV, 551. 753; Instit. 1852, 378. — (5) Compt. rend. XXXV, 792.

Beweis für die Drehung der Erde.

den nämlichen Umständen sich frei bewegenden materiellen Punktes vorgenommen, deren Schlufssätze er in kurzem Auszuge mittheilt. Um dieselben experimentell zu prüfen, sowie überhaupt den Zweck des Foucault'schen Pendelversuchs auf anderem Wege zu erreichen, hat Porro (1) einen Apparat construirt. Mit dem Stabe eines Pendels, welches vermöge doppelter Aufhängung in jeder Richtung frei schwingen kann, ist ein Reflexionsprisma so verbunden, dafs die horizontale Hypothenusenfläche das Bild eines leuchtenden Punktes bei Schwingungen in einer mit den Prismenkanten parallelen Ebene in einem Kreisbogen, bei Schwingungen in einer zu den Prismenkanten rechtwinkligen Ebene, in einer geraden Linie hin und herführt. Ein Fernrohr mit Horizontalkreis, mit einem Mikrometer und Orientirungskreis am Ocular, gestattet jenen Bogen und jene gerade Linie, sowie jede Aenderung in diesen Elementen zu messen, und man kann danach die Azimutaländerungen in der Schwingungsebene des Pendels beurtheilen. Für Vorlesungen soll man mittelst Sonnenlicht oder electrischem Licht jene Reflexionsbilder auf einen Schirm werfen. — In einer zweiten Abhandlung behandelt Foucault (2) die Erscheinungen, welche sein oben kurz erwähnter neuer Apparat zeigt, wenn ihm die freie Beweglichkeit genommen wird. Er gelangt zu dem allgemeinen Satze, dafs, wenn die Drehaxe eines rotirenden Körpers so weit befestigt wird, dafs sie sich nur um eine zweite auf der Erde feststehende Axe drehen kann, jene immer eine der Erdaxe möglichst parallele Richtung anzunehmen strebt, und zwar in der Art, dafs die Drehung des rotirenden Körpers mit derjenigen der Erde in einerlei Sinn erfolgt. Zwei vorzugsweise interessante Folgesätze lauten : 1) Ro-

(1) Compt. rend. XXXV, 855. — (2) Compt. rend. XXXV, 424; Arch. ph. nat. XXI, 136; einige hierauf bezügliche weitere Bemerkungen Compt. rend. XXXV, 469 u. 602; Instit. 1852, 321. 326. 342. 359; Sill. Am. J. [2] XV, 263.

tirt ein Körper um eine Axe, welche sich nur in der Horizontalebene frei drehen kann, so nimmt dieselbe unter dem Einflufs der Erdrotation die Richtung des Meridians ein, welche sich somit ohne astronomische Mittel finden läfst. 2) Rotirt ein Körper um eine Axe, welche sich nur in der Meridianebene frei drehen kann, so richtet sich dieselbe mit der Erdaxe parallel, und zwar so, dafs beide Drehungen in einerlei Sinn erfolgen. — Ein Apparat, welcher zur Demonstration dieser Sätze dient, ist selbstständig von Hamann (1) angegeben worden. Defsgleichen hat Lamarle (2) einen Apparat angegeben, welcher die Drehung der Erde constatiren soll und dessen Drehaxe sich der Erdaxe parallel richtet. Lamarle hat zugleich verschiedene mathematische Betrachtungen damit verbunden. — Ferner sind von Roberts (3) Apparate zur Erläuterung des Pendelversuchs angegeben worden.

Beweis für die Drehung der Erde.

Th. G. Bunt (4) in Bristol erhielt mit verhältnifsmäfsig kurzen Pendeln (19 Fufs, 8 Fufs 10 Zoll und 8 Fufs 2 Zoll engl.) im Mittel die stündliche Azimutalbewegung von 11°,739, während das theoretisch berechnete Resultat 11°,764 betrug. — Zantedeschi (5) giebt an, dafs auch er gefunden habe, wie diefs früher an anderen Orten geschehen (6), dafs die scheinbare Azimutaländerung der Schwingungsebene des Pendels kleiner oder gröfser sei, als der berechnete Werth, je nachdem die Ebene mit dem Meridian parallel oder auf demselben rechtwinklig stehe. — Woodbury (7) hat Betrachtungen über Foucault's Experiment mitgetheilt und eine Methode vorgeschlagen, nach welcher man mittelst eines mit Wasser gefüllten Ringes an einem bestimmten Orte die jeder beliebigen Breite entsprechenden Erschei-

(1) Pogg. Ann. LXXXVII, 614; Instit. 1852, 327. — (2) Instit. 1852, 388. — (3) Report of the 21. Brit. Assoc. Not. and abstr. 117. — — (4) Phil. Mag. [4] IV, 272. — (5) Instit. 1852, 196; Arch. ph. nat. XX, 51. — (6) Vgl. Jahresber. f. 1851, 97; Wartmann, Marignac und Morren hatten vielmehr gerade das Umgekehrte gefunden. — (7) Sill. Am. J. [2] XIII, 212.

Beweis für die Drehung der Erde.

nungen darstellen kann. Er selbst hat sich übrigens von der Ausführbarkeit seiner Vorschläge noch nicht überzeugt.

Mathematische Deductionen des Foucault'schen Pendelversuchs sind gegeben worden von Challis (1), Eschweiler (2) und Hädenkamp (3). Auch Schaub (4) hat Mittheilungen über diesen Versuch gemacht. Eine mathematische Untersuchung über Pendelschwingungen bei verschiedenen Arten der Aufhängung und unter Berücksichtigung der Umdrehung der Erde ist von Jürgensen (5) gegeben worden. — Elementare geometrische Beweisführungen für das Gesetz des Pendelproblems haben Belfield-Lefèbvre (6) und Crahay (7) gegeben.

Abweichung fallender Körper von der Verticalen.

Dupré (8) hat von einer Publication Petit's (9) über die von ihm beobachtete sehr bedeutende südliche Abweichung fallender Körper von der Verticalen, wie sie von anderen Beobachtern niemals gefunden worden war, Veranlassung genommen, zu zeigen, dafs jene grofsen Abweichungen daher rührten, dafs Petit durch ein Mifsverständnifs anstatt der wahren, von dem Einflufs der Schwungkraft befreiten Richtung der Schwere, die Richtung des Bleilothes angenommen habe.

Stabilität der Erdaxe.

H. Hennessy (10) hat eine Kritik der Ansichten Lubbock's gegeben, welcher die Möglichkeit einer Aenderung in der Richtung der Erdaxe aus der Versetzung innerer Schichten in Folge chemischer und physikalischer Vorgänge, aus der Reibung des Mediums, in welchem die Erde sich bewegt, und aus den localen Hebungen und Senkungen der Erdoberfläche ableiten wollte. Hennessy

(1) Phil. Mag. [4] III, 331. — (2) Grunert's Archiv f. Mathematik und Physik XIX, 51. — (3) Ebend. XX, 238. — (4) Astron. Nachrichten, Nr. 838, S. 353. — (5) Instit. 1852, 424. — (6) Rev. scientif. industr. [4] I, 19. — (7) Pogg. Ann. LXXXVIII, 477 aus Bull. de l'Acad. de Bruxelles XIX, Part. I, 537. — (8) Compt. rend. XXXIV, 102; Instit. 1852, 20. — (9) Wir hatten es vorgezogen, über die im Jahre 1851 in Compt. rend. XXXIII, 193 erschienenen Bemerkungen Petit's mit Stillschweigen wegzugehen. — (10) Phil. Mag. [4] III, 886; Instit. 1852, 195; Edinb. Phil. J. LIII, 177.

zeigt, dafs die Stabilität der Erdaxe durch keinen dieser Vorgänge gefährdet sei.

Wir wollen hier zweier Arbeiten Dove's (1) über die Vertheilung der Wärme auf der Erde, insbesondere über den Lauf der Isanomalen, ferner über den atmosphärischen Druck, die Passate und die Entstehung der westindischen Stürme Erwähnung thun und bemerken, dafs wir es nicht unternehmen können, diese Arbeiten, welche in jeder Zeile wichtige Resultate oder geistreiche Gesichtspunkte enthalten, im Auszuge wiederzugeben. Verbreitung der Wärme auf der Erde. Passate und Stürme.

Whewell (2) hat eine interessante Uebersicht unsers dermaligen Wissens über die Verbreitung, Höhe etc. der Fluthwellen gegeben. — Th. Stevenson (3) theilt als ein mittleres Resultat zahlreicher Beobachtungen mit, dafs die Höhe der Wellen nahe im Verhältnifs der Quadratwurzel ihres Abstandes von dem Ufer, von welchem der Wind kommt, zu wachsen scheint. Ebbe und Fluth. Wasserwellen.

Als Fortsetzung seiner Untersuchung über die Atmosphären hat Roche (4) die Atmosphären der Satelliten behandelt. Er findet, dafs diese Atmosphären nur dann eine dauernde Gestalt annehmen können, wenn die Rotationszeit des Satelliten seiner Umlaufszeit um den Hauptplaneten gleich ist. Die Grenzflächen der einzelnen Schichten sind geschlossene Oberflächen, symmetrisch gegen drei zu einander rechtwinklige Ebenen und mit drei ungleichen Axen. Die gröfste Axe ist gegen den Hauptplaneten gekehrt, die kleinste ist die Rotationsaxe. welche zugleich auf der Bahn des Satelliten rechtwinklig steht. Die innersten Schichten sind beinahe sphärisch, nach Aufsen wächst die Abplattung. Die Grenzfläche der Atmosphäre liegt da, wo die Theilchen nach dem Satelliten und nach Aufsen gleich stark angezogen werden. Je kleiner die Masse des Mathematische Theorie der Atmosphären.

(1) Berl. Acad. Ber. 1852, 196 u. 285; Instit. 1852, 257 u. 290. — (2) Report of the 21. Brit. Assoc. Not. and abstr. 27. — (3) Edinb. Phil. J. LIII, 358. — (4) Compt. rend. XXXV, 755.

Satelliten im Verhältnifs zum Hauptplaneten ist, desto mehr ist die nach diesem gerichtete Axe der Atmosphäre verlängert. Sind die Massen nicht sehr verschieden, so ist die Atmosphäre sehr nahe von einer Umdrehungsfläche begrenzt, mit dem Abplattungsverhältnifs $1/3$. — Elliot (1) hat aus einer Reihe von Barometerbeobachtungen zu Singapore (1° 18′,5 nördl. Br., 103° 56′,5 östl. Länge) den Einflufs des Mondes auf die Atmosphäre abzuleiten gesucht, und ihn etwas gröfser gefunden, als Sabine aus den auf St. Helena (14°,5 südl. Br.) angestellten Barometerbeobachtungen fand.

Einflufs des Mondes auf die Atmosphäre.

Mechanische Apparate.

G. Sandberger (2) beschreibt einen Apparat für directe Verticalmessungen von Vertiefungen und Erhöhungen kleinerer, besonders naturhistorischer Gegenstände. — Sire (3) beschreibt eine neue Methode, das Gesetz des hydrostatischen Druckes auf den Boden der Gefäfse experimentell darzuthun. — Ueber einen Apparat von Fortin-Hermann (4) für Verdichtung von Gasen sind Bemerkungen von d'Hurcourt und Combes (5) mitgetheilt worden. — Harris (6) beschreibt ein tragbares Barometer und G. Treviranus (7) macht Mittheilungen über eine Vereinfachung der Construction und des Gebrauchs der stationären Barometer.

Neue Kraftmaschinen.

Galy-Cazalat (8) hat eine neue oscillirende Maschine beschrieben, in welcher neben Wasserdampf auch erhitzte Luft zum Betriebe angewendet wird. Der luftdichte Schlufs bei der hohen Temperatur, bei welcher die Maschine arbeitet, wird mit geschmolzenem Blei vermittelt. Verglichen mit einer Dampfmaschine von gleicher Kraft, soll die neue Einrichtung nach Angabe des Erfinders nur $1/3$ des Anlagecapitals, die Hälfte des Raumes und nur die Hälfte des Brennmaterials erfordern. Bezüglich der näheren

(1) Instit. 1852, 344. — (2) Pogg. Ann. LXXXV, 97. — (3) Compt. rend. XXXV, 958. — (4) Jahresber. f. 1849, 67. — (5) Compt. rend. XXXIV, 876. — (6) Dingl. pol. J. CXXV, 92 aus Mechan. Magaz. Juni 1851, Nr. 509. — (7) Dingl. pol. J. CXXVI, 90. — (8) Compt. rend. XXXV, 382; Instit. 1852, 312.

Beschreibung verweisen wir auf die Abhandlung. — Von L. D. Girard (1) ist ein neues Beförderungssystem unter dem Namen: hydraulische Eisenbahnen, vorgeschlagen worden. Die Lasten sollen durch den Wasserdruck in Leitungsröhren befördert werden, während der Druck selbst durch Pumpenwerke erzeugt werden soll, die ihrerseits durch Wasserkraft oder stehende Dampfmaschinen bewegt werden. Neue Kraftmaschinen.

Caligny (2) hat einige neue hydraulische Apparate beschrieben, welche sich dadurch auszeichnen, dafs das Wasser ohne Anwendung von Kolben und Ventilen gehoben wird. Einer derselben gründet sich auf die Erscheinung, dafs beim Herausziehen eines umgekehrt in Wasser versenkten Trichters das Wasser zuerst im Innern sinkt, sogleich darauf aber sehr heftig nach dem engeren Theile des Trichters emporspringt; ein anderer darauf, dafs eine verticale, oben und unten offene Röhre, welche in Wasser versenkt und durch ein Gegengewicht im Gleichgewicht gehalten wird, abwechselnd gegen die darunter befindliche Mündung der wasserzuführenden und am Ende vertical aufwärts gebogenen Röhre angesaugt und wieder von derselben abgestofsen wird, und dafs das Wasser dabei stofsweise in der beweglichen Röhre über das Niveau des Oberwassers gehoben wird. Caligny (3) hat ferner eine Abhandlung publicirt über die Mittel, den Widerstand in den Biegungen der Leitungsröhren zu vermindern. Hydraulische Apparate.

Pohl und Schabus (4) haben Tafeln zur Vergleichung der in verschiedenen Längenmafsen abgelesenen Barometerstände mitgetheilt. Tafeln für Mafsvergleichung.

Ein optischer Apparat, mittelst dessen man die geringsten Aenderungen in der Lagerung der Bodenschichten, oder in der Richtung der Resultante der anziehenden Kräfte der Erde an einer gewissen Stelle beobachten kann, ist von

(1) Instit. 1852, 254. — (2) Compt. rend. XXXIV, 19. 174; Instit. 1852, 12. 13. 77. 167. 263. — (3) Instit. 1852, 364. — (4) Wien. Acad. Ber. VIII, 331.

Meeressonde. d'Abaddie (1) beschrieben worden. — Joule (2) hat eine Verbesserung an der im vorjährigen Berichte erwähnten (3), von Faye erfundenen Sonde für tiefe Meeresstellen vorgeschlagen. Er will den zum Aufsteigen bestimmten Metallcylinder durch einen Schlauch aus Gutta-Percha ersetzt wissen.

Anemometer. Anschliefsend an das Anemometer von Dumoncel beschreibt Liais (4) ein neues derartiges Instrument, welches durch Ausflufs von Wasser nicht nur die Zeitdauer des Windes in einer gewissen Richtung, sondern auch die Unterabtheilungen dieser Zeit, in welcher der Wind mit verschiedener Heftigkeit weht, zu messen gestattet. Die Axe einer Windfahne geht durch die Axe eines feststehenden cylindrischen Gefäfses von Blech, welches durch radiale Wände in 8, 16 oder 32 gleiche Kammern getheilt ist, je nach der Zahl der Winde, welche man noch unterscheiden will. Die untere excentrische Mündung eines mit der Windfahne drehbaren Auffangtrichters kommt je nach der Windrichtung über die eine oder die andere dieser Kammern zu stehen. Ferner sind diese Kammern durch kreisförmige Wände in ringförmige Unterabtheilungen getheilt und ein zweiter Vertheilungstrichter, welcher vom erstgenannten das Wasser empfängt, wird durch eine Einrichtung, deren Beschreibung man in der Abhandlung nachsehen mufs, je nach der Stärke des Windstofses über eine oder die andere jener ringförmigen Unterabtheilungen getrieben. Die mittlere Dauer jedes Windes an einem Tage, die Zeit, während welcher er mit einer bestimmten mittleren Geschwindigkeit weht, die mittlere Stärke jedes Windes überhaupt, die Regenmenge, welche mit jeder mittleren Windrichtung fällt, können mit jenem Instrument bestimmt werden. — Dumoncel (5) hat einen electrischen Anemographen, welcher die Stellungen

(1) Compt. rend. XXXIV, 942; Instit. 1852, 145. 197. — (2) Report of the 21. Brit. Assoc. Not. and abstr. 22. — (3) Jahresber. f. 1851, 109. — 4) Compt. rend. XXXIV, 476. — (5) Compt. rend. XXXIV, 761; Instit. 1852, 155.

der Windfahne u. a. im Cabinet des Beobachters selbst aufzeichnet, construirt.

Akustik. Schallgeschwindigkeit in begrenzten Räumen.

Rankine (1) hat seiner Arbeit über die Theorie der Elasticität (2) eine Untersuchung über die Fortpflanzungsgeschwindigkeit des Schalles und über die Ableitung der Elasticitäts-Constanten des betreffenden Mittels aus derselben folgen lassen. Die experimentelle Bestimmung in unbegrenzten Massen konnte nur für Wasser und Luft vorgenommen werden, bei anderen Körpern mufste man sich mit der Messung der Schallgeschwindigkeit in prismatischen und cylindrischen Massen begnügen. Für unkrystallinische Körper von dieser Form sucht daher Rankine das Problem aufzulösen. Ist D das Gewicht der Volumeinheit, A der Coëfficient der longitudinalen Elasticität, unter der Voraussetzung, dafs keine seitliche Verschiebung eintritt (A ist also gröfser als der gewöhnliche Elasticitätsmodulus), so ist $\sqrt{\frac{Ag}{D}}$ die Schallgeschwindigkeit im unbegrenzten Raume, dagegen $\sqrt{\frac{Ag}{D}(1-h^2)}$ für einen Körper von beschränkten Dimensionen, wo h von der Gestalt und dem Molecularzustand der Oberfläche abhängig ist. Die Bahnen der kleinen Theilchen sind geradelinig im unbegrenzten Raume, elliptisch in begrenzten Körpern.

Nimmt man für eine begrenzte flüssige Masse den von der gegenseitigen Einwirkung der Theilchen abhängigen Normaldruck an der freien Oberfläche gleich Null an, so findet man das Verhältnifs der Schallgeschwindigkeit in unbegrenzter zu der in einer parallelopipedisch begrenzten Masse, wie $\sqrt{2} : \sqrt{3}$, ein Verhältnifs, welches durch zahlreiche experimentelle Bestimmungen Wertheim's und

(1) Report of the 21. Brit. Assoc. Not. and abstr. 4. — (2) Jahresber. f. 1851, 39.

Schallgeschwindigkeit in begrenzten Räumen.

Grassi's, verglichen mit denjenigen Colladon's und Sturm's, bestätigt wird.

Für einen starren cylindrischen Stab findet Rankine unter Annahme ganz freier Oberfläche und bei der gleichen Voraussetzung, wie sie für die Flüssigkeiten gemacht wurde, jenes Verhältnifs zwischen $1 : \sqrt{2}$ und $\sqrt{2} : \sqrt{3}$, indem es sich letzterem mit wachsender Dicke des Stabes nähert.

Während Rankine hiermit die völlig oder genähert longitudinalen Oscillationen behandelt hat, geht er in einem Anhang zur Betrachtung der völlig oder genähert transversalen Schwingungen über.

Brechung der Schallstrahlen.

Sondhaufs (1) hat die Brechung der Schallstrahlen mittelst einer Biconvexlinse nachgewiesen, welche aus zwei über einen Blechreif gespannten Collodionhäuten gebildet und mit Kohlensäure gefüllt war. Das Ticken einer Uhr, leise gesprochene Worte, wurden hinter der Linse entschieden deutlicher vernommen, als von umstehenden, selbst viel näher an der Schallquelle befindlichen Personen. Der Ton einer Pfeife wurde durch die Brechung so verstärkt, dafs das Ohr, an die richtige Stelle gehalten, einen förmlichen Stofs empfand. Die Messung der Vereinigungsweite hat noch keinen hohen Grad von Genauigkeit erreicht; sie führt auf einen Brechungscoëfficient 1,333, während sich aus dem Verhältnifs der Schallgeschwindigkeiten in der Luft (333^m) und in der Kohlensäure ($261^m,6$) der Brechungscoëfficient $n = 1,272$ berechnet. — Auch objectiv, durch Erzittern einer zarten Membran, hat Sondhaufs die Refraction der Schallwellen durch seine Kohlensäurelinse nachgewiesen.

Schallleitung in erhitztem Eisen.

Kohn (2) macht die merkwürdige Thatsache bekannt, dafs der Schall einer Taschenuhr, welcher von einer Eisenstange von 9 Fufs Länge und 1 Zoll Dicke gut an das

(1) Pogg. Ann. LXXXV, 378; Phil. Mag. [4] V, 73; im Ausz. Ann. ch. phys. [3] XXXV, 505. — (2) Dingl. pol. J. CXXIV, 466 aus der Zeitschr. d. österreich. Jngenieurvereins, 1852, Nr. 5.

andere Ende geleitet wurde, deutlicher hörbar war, wenn die Stange in der Mitte bis zur Blauhitze erwärmt wurde, dafs aber von da ab die Intensität sich verminderte und die Schallwahrnehmung bei der Rothglühhitze völlig verschwand. Bei der Wiederabkühlung traten dieselben Phänomene in umgekehrter Ordnung ein. Schallleitung in erhitztem Eisen.

Segnitz (1) hat die Frage, welchen Einflufs die Bewegung der Schallquelle oder des Beobachters auf die *Intensität* des Schalles habe, eine Frage, welche bereits zwischen Doppler (2) und A. Seebeck discutirt wurde, wieder aufgenommen. Wir gehen nicht näher auf die Arbeit ein, welche uns weder in ihrer Anlage noch in ihren Resultaten das Rechte getroffen zu haben scheint. Einflufs der Bewegung der Schallquelle auf die Stärke des Schalles.

Strantz (3) registrirt eine Anzahl von Fällen, in welchen das Geschützfeuer einer Schlacht entweder in sehr kurzen Entfernungen nicht hörbar war, oder in sehr weiten Entfernungen noch gehört wurde. Tragweite des Schalls.

Die Brüder Couder (4) haben der französischen Academie eine Violine von neuer Form vorgelegt, deren Ton mit der menschlichen Stimme Aehnlichkeit hat. Das Instrument hat die Gestalt einer Halbellipse, und die Seitenwand, welche die grofse Axe der Ellipse bildet, hat in der Gegend der Brennpunkte zwei Oeffnungen; werden diese mit besonderen Schlüsseln verschlossen, so ist der Ton der Violine gedämpft. Der menschenähnliche Ton aber wird durch einen im Innern parallel mit der gedachten Seitenwand ausgespannten Resonanzboden hervorgebracht. Akustische Apparate.

Powell (5) hat Betrachtungen über die Analogie zwischen Licht- und Wärmestrahlen angestellt und sich für die Ansicht ausgesprochen, dafs dieselben sich nur durch Optik. Analogie zwischen Licht und Wärme.

(1) Pogg. Ann. LXXXV, 384. — (2) Vgl. Jahresber. f. 1851, 126. (3) Instit. 1852, 308. — (4) Instit. 1852, 109. — (5) Phil. Mag. [4] III, 535.

Analogie zwischen Licht und Wärme.

die Wellenlänge von einander unterscheiden, dafs mit der Wellenlänge aber die Brechbarkeit, sowie die Absorptionsfähigkeit durch verschiedene Mittel bei den Wärmestrahlen variire, wie man diefs bei den Lichtstrahlen längst beobachtet habe. Ein Körper, welcher erhitzt werde, sende zuerst nur Strahlen von gröfserer Wellenlänge, bei stärkerer Erhitzung neben jenen aber auch noch Strahlen von immer kürzeren Wellen aus. Powell führt zahlreiche Beobachtungsresultate Melloni's, Knoblauch's und Anderer znr Begründung der angeführten, übrigens keineswegs neuen Ansicht an.

Aberration des Lichtes.

Challis (1) hat eine Bemerkung über die Ursache der Aberration des Lichtes mitgetheilt. Er wiederholt darin die längst allgemein bekannte geometrische Erklärung des Phänomens und umgeht ganz die mechanische Begründung, worin doch eigentlich die Schwierigkeit gelegen ist, welche in den letzten Jahrzehnten so mannichfache Discussionen hervorgerufen hat.

Villarçeau (2) hat eine höchst interessante Abhandlung über den Einflufs der Geschwindigkeit der Fortpflanzung des Lichtes auf den Ort der Doppelsterne bekannt gemacht. Wir bedauern, dafs der Zweck dieser Berichte uns verbietet, näher auf diesen Gegenstand einzugehen.

Constitution des polarisirten Lichtes.

Billet (3) hat Betrachtungen über das Verhältnifs der beiden geradelinig polarisirten Strahlen zu einander mitgetheilt, welche aus dem nämlichen gewöhnlichen Lichtstrahl hervorgehen. Die Transversalschwingungen eines gewöhnlichen Lichtstrahls sind bekanntlich steten Veränderungen in ihrer Richtung unterworfen. Billet nimmt an, dafs dieselben mit Regelmäfsigkeit von Statten gehen und nennt die Zeit, in welcher sich das Azimut um einen vollen Umkreis ändert, eine grofse Periode. Denkt man sich die Schwingungen anfänglich in einer der zu einander recht-

(1) Phil. Mag. [4] III, 53. — (2) Compt. rend. XXXIV, 353. — (3) Arch. phys. nat. XIX, 296; Instit. 1852, 234.

winkligen Ebenen liegend, welche die Schwingungen der beiden geradelinig polarisirten Composanten überhaupt enthalten, so hat diese Composante an dieser Stelle die gröfste Amplitude, die andere ist gleich Null. Im nächsten Viertel der grofsen Periode nimmt die Amplitude der ersteren Composante stetig bis auf Null ab, die Amplitude der zweiten Composante wächst auf das Maximum, und so fort abwechselnd in je ein Viertel der grofsen Periode. — Offenbar müfsten hiernach in den Interferenzen, welche zwei aus verschiedenen gewöhnlichen Strahlen abgeleitete und in einer Ebene polarisirte Lichtstrahlen erzeugen, periodische Aenderungen eintreten. Die Länge dieser Periode würde dem vierten Theil der eben gedachten grofsen Periode gleichkommen. Billet bemerkt, dafs es schwierig sein würde, diesen Umstand durch das Experiment nachzuweisen, wegen der Kürze jener Periode im Verhältnifs zu der Zeit, welche erforderlich ist, Gesichtseindrücke zum Entstehen und Wiederverschwinden zu bringen. Constitution des polarisirten Lichtes.

Stokes (1) gelangt bei seinen Untersuchungen über die Zusammensetzung mehrerer elliptisch polarisirter Strahlen von gleicher Brechbarkeit, aber aus verschiedenen Quellen kommend, zu folgenden Resultaten: Die Resultirende einer beliebigen Anzahl solcher Strahlen ist durch die Werthe von vier Constanten A, B, C, D gegeben, welche sich auf folgende Art bestimmen. J drücke die Intensität eines Elementarstrahls, α das Azimut der kleinen Axe der Ellipse, tang β das Verhältnifs der beiden Axen der Ellipse aus, so ist: Zusammensetzung polarisirter Strahlen.

$$A = \Sigma(J);\quad B = \Sigma(J \sin 2\beta);\quad C = \Sigma(J \cos 2\beta \cos 2\alpha);\quad D = \Sigma(J \cos 2\beta \sin 2\alpha)$$

Gruppen polarisirter Strahlen, welche zu den nämlichen Werthen dieser Constanten führen, nennt Stokes äquivalent; sie bieten unter allen Umständen identische optische Erscheinungen dar. Immer kann eine solche Gruppe durch zwei Strahlen, der eine von gewöhnlichem, der andere von

(1) Phil. Mag. [4] III, 316.

elliptisch-polarisirtem Lichte ersetzt werden; indem für den ersteren $J = A - \sqrt{(A^2 + B^2 + C^2)}$, für den letzteren $J' = \sqrt{(A^2 + B^2 + C^2)}$; $\sin 2\beta' = \frac{B}{\sqrt{A^2 + B^2 + C^2}}$; $\tang 2\alpha' = \frac{D}{C}$.

Photometrie. Pouillet (1) hat vorgeschlagen, die Daguerre'schen Platten zu photometrischen Zwecken, namentlich zur Bestimmung des ungleichen Beleuchtungsvermögens der verschiedenen Farben anzuwenden. Wenn man einen Bogen schwarzen Papiers in einiger Entfernung von einem Daguerre'schen Bilde so anbringt, dafs man sein Bild durch die regelmäfsige Reflexion in den glänzenden Stellen der Platte erblickt, so erscheint das Lichtbild kräftig positiv. Bringt man einen Bogen weifsen Papiers an die Stelle des schwarzen, so kehrt sich das Bild in ein negatives um, und man kann endlich aus Weifs und Schwarz einen solchen grauen Ton componiren, dafs das Bild weder positiv noch negativ erscheint, also vollkommen für die Wahrnehmung verschwindet. Nach Pouillet hat man hiernach eine sehr empfindliche Methode zur Bestimmung eines gewissen Grades von Grau, indem die Hinzufügung von äufserst wenig Schwarz oder Weifs zu dem Gleichgewichtsgrau unter sonst unveränderten Umständen sogleich das Bild positiv oder negativ hervortreten läfst. Hat man irgend eine Farbe auf den Grad der Stärke gebracht, dafs auch sie auf der Daguerre'schen Platte den Gleichgewichtszustand erzeugt, so schreibt ihr Pouillet das nämliche Beleuchtungsvermögen zu, wie dem Grau, welches den nämlichen Effect hatte. Er bemerkt weiter, dafs die von ihm erhaltenen Resultate für den ersten Anblick etwas ungewöhnlich erscheinen dürften. Das glänzendste Roth eines Wollenstoffs zeigt ein geringeres Beleuchtungsvermögen, als ein sehr dunkles Blau; dieses ein schwächeres Beleuchtungsvermögen, als

(1) Compt. rend. XXXV, 373; Instit. 1852, 301; Pogg. Ann. LXXXVII, 490; Pharm. Centr. 1852, 721.

ein Grau, welches ziemlich nahe an Schwarz grenzt. Uebrigens seien die Resultate für verschiedene Augen und für verschiedene Grade der Beleuchtung nicht merklich verschieden. Zum Schlusse seiner Abhandlung giebt Pouillet an, wie ein Apparat beschaffen sein müsse, welcher nicht blos, wie seither angegeben, dazu diene, zu entscheiden, ob eine Farbe ein gröfseres oder geringeres Beleuchtungsvermögen habe, als eine andere, sondern welcher zugleich anwendbar sein solle, das Verhältnifs der Beleuchtungsvermögen auszumitteln. Photometrie.

Zu den Mittheilungen über Nobert's (1) feine Gittertheilungen auf Glas, welche wir im vorjährigen Berichte (2) gegeben haben, bemerken wir noch zusätzlich, dafs Nobert die Gitter als Ocularmikrometer in Fernröhren anzuwenden vorgeschlagen hat. Er brachte auf einer Glasplatte, welche in den Brennraum des Oculars eingeschoben werden soll, fünf Parallellinien in Abständen von 15 Secunden Zeit für einen Stern im Aequator an, welche an der Stelle von Spinnefäden dienen sollen. Jede dieser fünf Linien besteht aus 11 mikroscopisch feinen Linien, deren gegenseitiger Abstand 0,000325 Linien, ihre Summenbreite also nahe $1/300$ Linie (gleich der Dicke der in Fadennetzen angewendeten Spinnefäden) beträgt. Wenn man durch eine im Ocularrohre seitlich angebrachte Oeffnung unter 15° Neigung gegen das Gitter die Strahlen einer Lampe einfallen läfst, so erscheinen die Striche roth, und wenn man den Neigungswinkel der Erleuchtung wachsen läfst, so durchläuft die Färbung der Linien das ganze Spectrum. — Da jedem Neigungswinkel eine gewisse bestimmbare Wellenlänge entspricht, so glaubt Nobert, dafs das von ihm vorgeschlagene Mikrometer zur genauen Bestimmung der Farbe der Fixsterne, über welche die Angaben in einzelnen Fällen oft so beträchtlich abweichen, zu benutzen sei. Er hält es selbst für möglich, den Apparat zu photometrischen Nobert's Interferenzspectrum.

(1) Pogg. Ann. LXXXV, 93. — (2) Jahresber. f. 1851, 134.

Zwecken zu benutzen, indem man, auf den Grund hin, dafs die verschiedenen Theile des Spectrums in ungleicher Intensität erscheinen, die Wellenlänge als Argument für die Lichtstärke einführt.

Beugung des Lichtes.

Powell (1) hat Brougham's Versuche über Beugung des Lichtes einer unparteiischen und gründlichen Prüfung unterworfen und gezeigt, dafs, soweit er im Stande war, die Beschreibung der Experimente zu verstehen und dieselben zu wiederholen, kein Umstand dabei vorkommt, welcher nicht aus den Gesetzen der Vibrationsbewegung des Aethers zu erklären wäre.

Brougham (2) hat in einer weiteren Mittheilung die Fransen beschrieben, welche ein unter sehr grofsem Winkel reflectirtes Strahlenbüschel mit den directen Strahlen bildet. Er sagt: »wenn der Spiegel horizontal liegt, sieht man Fransen oberhalb und unterhalb des Spiegelbildes, beide mit gleicher Farbenfolge; die oberen aber werden in gröfserem Abstand vom Spiegel immer schmaler, während die unteren an Breite zunehmen. Es scheint, als ob die Breite der Fransen in umgekehrtem Verhältnisse zur Breite der reflectirenden Fläche stehen. Ist diese ein spitzes Dreieck, so haben die längs der beiden Schenkel des spitzen Winkels verlaufenden Fransen hyperbolische Form.«

Stokes (3) ist in der schon früher erwähnten (4) Arbeit über Beugung des Lichtes durch enge Oeffnungen, bei welchen er von den gewöhnlichen Grundgleichungen für die Bewegung in einem elastischen Mittel ausging und den Aether als ein incompressibles elastisches Fluidum behandelte, zu dem folgenden theoretischen Satze gekommen: Wenn irgend ein materielles System, in welchem die thätigen Kräfte allein von der gegenseitigen Lage der

(1) Phil. Mag. [4] IV, 1; Report of the 21. Brit. Assoc. Not. and abstr. 11; Instit. 1853, 52. — (2) Phil. Mag. [4] IV, 230; Compt. rend. XXXIV, 127; Instit. 1852, 75. — (3) Arch. ph. nat. XX, 59 aus Cambr. Philos. Trans. 1850; Instit. 1852, 243. — (4) Jahresber. f. 1850, 135.

Molecüle abhängen, um Weniges aus der Gleichgewichtslage gebracht und dann sich selbst überlassen wird, so kann man den Ausdruck desjenigen Theils der Bewegung, welcher von den ursprünglichen Ausweichungen abhängt, von den Ausdrücken für den anderen Theil, welcher von der Anfangsgeschwindigkeit abhängt, ableiten, wenn man die Functionen oder willkürlichen Constanten, welche die Anfangsgeschwindigkeiten ausdrücken, durch diejenigen ersetzt, welche die Verschiebungen bezeichnen, und wenn man dann in Beziehung der Zeit differenzirt. Beugung des Lichtes.

Wenn man noch die Annahme macht, dafs die Schwingungsrichtung im gebeugten Strahl derjenigen des einfallenden Strahls parallel ist, oder, weil diefs wegen der anderen Bedingung, dafs die Schwingungen immer rechtwinklig zum Strahle stehen, nicht möglich ist, dafs jene dem Parallelismus mit diesen doch wenigstens immer möglichst nahe kommen, so ergiebt sich, dafs für eine successive Drehung der Schwingungsrichtung im directen Strahl immer um gleiche Winkel, die entsprechende Drehung in der Ebene, welche auf dem gebeugten Strahl rechtwinklig steht, nicht um gleiche Winkel erfolgt, sondern dafs sich die Schwingungsrichtungen näher um die Perpendiculäre zu derjenigen Ebene zusammendrängen, welche den directen und den gebeugten Strahl enthält. Diefs ist der Umstand, aus welchem Stokes einen der Ansicht, wonach die Schwingungen rechtwinklig zur Polarisationsebene stehen, günstigen Schlufs ableiten zu können glaubt.

Jamin (1) hat die Farben dünner Schichten bezüglich der Modificationen, welche sie bei Anwendung geradelinig polarisirten Lichtes namentlich in der Nähe des Polarisationswinkels erleiden, studirt und gezeigt, dafs zu ihrer mathematischen Herleitung die Fresnel'schen Intensitätsformeln nicht genügen, dagegen sich aus den allgemeineren, Newton'sche Farbenringe.

(1) Ann. ch. phys. [3] XXXVI, 158; im Ausz. Compt. rend. XXXV, 14; Instit. 1852, 214.

Newton'sche Farbenringe.

von Cauchy gegebenen Reflexionsformeln (1) alle qualitativen und quantitativen Verhältnisse herleiten lassen. Der Raum dieser Berichte erlaubt uns nicht, die sehr umfangreichen mathematischen Entwickelungen, welche im Auszug unverständlich sein würden, hier mitzutheilen; dagegen wollen wir die Hauptphasen der Erscheinung, sowie sie der genannte ausgezeichnete Optiker beschreibt, hier wiedergeben.

Meist bediente sich Jamin zur Darstellung der Farbenringe zweier gleichseitigen, gleichgrofsen Prismen von Flintglas, an deren einem eine sphärische Fläche von 12 bis 13 Meter Halbmesser angeschliffen war. Die ebene Fläche des zweiten Prisma's, welche die sphärische Fläche des ersteren in einem Punkte berührte, war vertical über der Mitte eines horizontalen Theilkreises aufgestellt. Das Licht der Sonne oder einer Carcel'schen Lampe durch prismatische Zerlegung oder ein rothes Glas homogen gemacht, durch ein Nikol'sches Prisma geradelinig polarisirt, fiel auf die Prismen und die Ringe wurden durch ein doppelbrechendes Prisma betrachtet.

Wenn das Licht rechtwinklig zur Einfallebene schwingt, ist das Phänomen das gewöhnliche, wie es die Theorie bereits vollständig erklärt hat. Schwingt das Licht dagegen in der Einfallebene, so nimmt, wenn der Einfallwinkel von 0° aus wächst, die Helligkeit ab, die Durchmesser der Ringe dagegen wachsen bis zu einer gewissen Grenze, bei welcher sie einige Zeit stationär zu bleiben scheinen, um dann rasch bis zum Polarisationswinkel abzunehmen. Der schwarze Fleck der Mitte hat sich dann in einen hellen Fleck verwandelt, überhaupt hat jeder dunkle Ring die Stelle des vorhergehenden hellen eingenommen, die Gangunterschiede sind sämmtlich um eine Viertel-Welle gewachsen.

(1) Jahresber. f. 1847 u. 1848, 169.

Nimmt die Incidenz noch weiter zu, so wächst die Helligkeit, die Ringdurchmesser nehmen ab, und der erste dunkle Ring zieht sich wieder in einen dunklen Centralfleck zusammen und wird seinerseits durch den folgenden hellen Ring ersetzt. Von da an wachsen die Ringe wieder und nehmen allmälig die Stelle ein, welche die gewöhnliche Theorie ihnen anweist. Newton'sche Farbenringe.

Jamin bemerkt, dafs das Licht vollständig in der Einfallebene schwingen müsse, wenn die angegebenen Erscheinungen deutlich hervortreten sollten, und dafs man dieselben nicht verwechseln dürfe mit den Phänomenen, welche eine dünne Schichte zwischen Glas und Metall, oder zwischen zwei durchsichtigen Substanzen von sehr ungleichem Brechungsvermögen zeige, oder welche beobachtet werden, wenn das Brechungsverhältnifs der Substanz, woraus die dünne Schichte besteht, zwischen denjenigen der beiden angrenzenden Körper liege.

Machen die Schwingungen des polarisirten Strahles irgend einen Winkel mit der Einfallebene, so sind die Ringe durch die Uebereinanderlagerung der beiden Systeme gebildet, welche den vorher gedachten Hauptrichtungen entsprechen. Die hervorstechendsten Eigenthümlichkeiten der unter diesen Umständen sehr verwickelten Erscheinung sind die folgenden.

Man kann im reflectirten Lichte nach Belieben die Ringe mit schwarzer oder mit heller Mitte hervortreten lassen, allein durch Aenderung in der Stellung des analysirenden Prisma's, wenn nämlich die Incidenz nicht viel von dem Polarisationswinkel verschieden ist. Bei andern Einfallwinkeln erleiden zwar die hellen Ringe Aenderungen, wenn man das analysirende Prisma dreht, die dunkeln Ringe aber bleiben unverändert; bei sehr kleinen und sehr grofsen Einfallwinkeln sieht man die beiden Systeme (mit schwarzer und weifser Mitte) gleichzeitig, um so mehr, als die Ringe in beiden nicht einerlei Abstand und Färbung haben.

Unter dem Polarisationswinkel selbst gewährt die Erscheinung bei gleichmäfsiger Drehung des analysirenden

Newton'sche Farbenringe.

Prisma's den Anblick, als ob stets neue Ringe aus der Mitte hervorträten und die vorhandenen weiteren Ringe nach Aufsen drängten, während bei entgegengesetzter Drehung des Nikols die Ringe sich nach der Mitte hin zusammenzuziehen und daselbst zu verschwinden scheinen.

Im gebrochenen Lichte beobachtet man analoge Erscheinungen, wie im reflectirten, wenn das Licht nicht gerade in einer der beiden Hauptrichtungen schwingt. Es behält seine geradelinige Polarisation in der Mitte der durchgelassenen und reflectirten hellen Ringe, wird aber in den sie trennenden Zonen depolarisirt.

Wenn das polarisirende und analysirende Prisma parallel gerichtet sind, hat man bei jeder Incidenz die Ringe mit dunkler Mitte, und Jamin bemerkt, dafs die Schärfe, womit die hellen und dunkeln Ringe bei Beleuchtung mit Sonnenlicht sich voneinander abzeichnen, dieses Ringsystem, wenn man es mittelst einer Linse in gröfsere Entfernung projicire, als eines der prachtvollsten optischen Phänomene erscheinen lasse.

Es giebt immer ein Azimut des analysirenden Prisma's, und zwar vermindert sich dasselbe bei wachsendem Einfallwinkel, für welches die Ringe mit heller Mitte, und zwar in sehr scharfer Abzeichnung hervortreten.

In einer zweiten Abtheilung seiner Arbeit behandelt Jamin die Aenderungen, welche die Newton'schen Ringe in der Nähe des Winkels der totalen Reflexion erleiden. Die Theorie derselben ist nicht in der nämlichen exacten Weise durchgeführt, wie für den vorigen Fall, sondern nur in allgemeinerer Weise angedeutet. Die besonderen Erscheinungen sprechen sich nur in homogenem Lichte, namentlich demjenigen der gesalzenen Alkoholflamme in hinreichend deutlicher Weise aus. In dem Moment, wo die Ringe dem Lichte der totalen Reflexion weichen, sieht man jeden der dunkeln Ringe sich mit mehreren feineren schwarzen Ringen umgeben. Sehr deutlich wird die Erscheinung, wenn man das einfallende Licht aus einer engen Spalte austreten läfst. Zuerst

säumt sich jeder dunkle Ring mit einem sehr leuchtenden Streifen, und das Ganze gewinnt das Ansehen, als wenn erhabene Ringe einerseits stark beleuchtet, andererseits beschattet wären. Bei wachsender Incidenz treten aus den hellen Ringen, gleichsam als Furchen von geringerer Tiefe, feinere schwarze Ringe hervor, sie werden breiter, bis endlich die Incidenz der totalen Reflexion erreicht ist. — Jamin bemerkt, dafs man bei der gewöhnlichen Art, die Theorie zu behandeln, nicht in Anschlag bringe, dafs das 4, 6, 8 oder mehrmals in der dünnen Schichte reflectirte Licht diese Schichte an Stellen von ungleicher Dicke durchdringe; nehme man auf diesen Umstand Rücksicht, so gewinne man noch Interferenzstreifen anderer Ordnung von geringerer Intensität, als die primären, wegen der Schwächung des Lichtes bei wiederholter Reflexion. Indem Jamin die nämliche Theorie auf die Herleitung der Erscheinung anwendet, wie sie in der Nähe des Winkels der totalen Reflexion im gebrochenen Lichte zu Stande kommen mufs, findet er, dafs hier die dunkeln Streifen sich mit mehreren anderen dunkeln Linien von ungleicher Stärke und in unregelmäfsiger Anordnung säumen, welche breiter werden und sich mehr und mehr trennen, bis endlich der Winkel der totalen Reflexion erreicht wird. Zwischen zwei ebenen Prismenflächen, welche einerseits in inniger Berührung, andererseits durch einen aufgeleimten dünnen Papierstreifen getrennt sind, bilden sich die Streifen ganz nahe bei dem Winkel der totalen Reflexion in einer Weise aus, welche mit der Vertheilung der Fraunhofer'schen Linien im Sonnenspectrum grofse Aehnlichkeit hat. Newton'sche Farbenringe.

Haidinger (1) hat bemerkt, dafs man auf frischen Spaltungsflächen des Glimmers, wenn man sie durch eine Glasröhre anhaucht, durch die regelmäfsige Verdichtung des Dampfes Farbenringe erhält. Hat die Fläche längere Zeit an der Luft gelegen, oder ist sie nur einmal mit einem Farbenringe auf frischen Spaltungsflächen des Glimmers.

(1) Wien. Acad. Ber. VIII, 246.

Läppchen abgerieben, so verliert sie die angeführte Eigenschaft.

Farbe eines Dampfstrahls.

R. Phillips (1) fand, dafs ein Dampfstrahl, je nach dem Druck, unter welchem er ihn aus einem Kessel austreten liefs, verschiedene Farben zeigte, wenn man ihn so betrachtete, dafs er sich gegen weifse Wolken projicirte. Im reflectirten Lichte nahm Phillips orangefarbene, rothe, violette und blaue Färbungen wahr; die Farben des durchgelassenen Lichtes waren lebhafter und stets zu denjenigen des reflectirten Strahles complementär. Hieraus schliefst Phillips, dafs diese Farben sämmtlich durch Interferenz in feinen Wassertröpfchen entstehen. — Clausius (2) findet sich hierdurch veranlafst, an seine physikalisch-mathematischen Entwickelungen (3) über die blaue Farbe des Himmels und über Morgen- und Abendröthe zu erinnern, in welchen er gezeigt hat, dafs diese Farben, aber auch nur blau und orangeroth, durch Interferenz nicht in Wasser*tropfen*, sondern in Wasser*bläschen* mit dünnen Häuten entstehen; und dafs, wenn die Dicke der Interferenz gebenden Schichte wächst, jene Farben nicht durch andere ersetzt, sondern mit andern gemischt und somit allmälig in Weifs übergeführt werden.

Bemerkungen über das prismatische Spectrum.

In einer kurzen Note, welche insbesondere auf die im vorjährigen Berichte (4) erwähnte Mittheilung von Broch über die Fraunhofer'schen Linien Bezug nimmt, bemerkt Merz (5), dafs die auffallenden, von Broch namentlich in der Gegend D und zwischen G und H des Spectrums gesehenen Abweichungen von den Fraunhoferschen Aufzeichnungen wohl nur durch die atmosphärischen Zustände des Beobachtungsortes und der gewählten Tagesstunden herbeigeführt sein könnten. Das Spectrum, wie es

(1) Phil. Mag. [4] IV, 128; Edinb. Phil. J. LIII, 264. — (2) Phil. Mag. [4] IV, 416; Edinb. Phil. J. LIV, 166. — (3) Vgl. Jahresber. f. 1851, 184. — (4) Vgl. Jahresber. f. 1851, 152. — (5) Pogg. Ann. LXXXV, 458.

Mossotti (1) in Pisa gesehen, habe übrigens ganz mit dem Münchener gestimmt. — Bei dieser Gelegenheit bemerkt Merz weiter, dafs in dem nach ihm benannten optischen Institute in München keineswegs jetzt noch mit Fraunhofer'schem Flintglase gearbeitet werde, dafs es vielmehr gelungen sei, reines, von den feinsten Wellen freies Glas von noch gröfserer Brechkraft und in noch gröfseren Dimensionen darzustellen, als das ursprünglich Fraunhofer'sche. Bemerkungen über das prismatische Spectrum.

Stokes (2) hat gezeigt, dafs man allein nach den eigenthümlichen dunkeln Linien, welche gewisse Substanzen, auch wenn das Licht nur äufserst geringen Mengen derselben auf seinem Wege begegnet ist, im prismatischen Spectrum erzeugen, auf die Gegenwart jener Körper mit Bestimmtheit schliefsen könne. Es gelang ihm, sehr geringe Mengen von Uran und von Mangansäure, welche auf keine andere Art zu entdecken gewesen wären, auf diesem Wege nachzuweisen. Die dunkeln Linien als Reagens.

Die Discussion über die von Zantedeschi entdeckten Längsstreifen im Sonnenspectrum, welche nun schon eine Reihe von Jahren fortgeht (3), ohne dafs dieses Phänomen auch nur durch eine einzige wissenschaftliche Anwendung an Interesse gewonnen hätte, ist in diesem Jahre von Babinet (4) aufgenommen worden. Er glaubt, wie diefs auch schon von Ragona-Scina (5) geschah, die Erscheinung auf Interferenz zurückführen zu können. Die angewendete Linse soll, wie im Scintillometer Arago's (6), in Abständen, kürzer wie die Brennweite der Linse, abwechselnd helle und dunkle Räume erzeugen, welche dann von dem Prisma in Längsstreifen ausgezogen werden. Die Längsstreifen im Sonnenspectrum.

(1) Vgl. Jahresber. f. 1847 u. 1848, 167. Die Originalabhandl. heifst: sulle proprietà degli spettri di Fraunhofer, Pisa 1845. — (2) Instit. 1852, 392. — (3) Jahresber. f. 1847 u. 1848, 198; f. 1849, 115; f. 1851, 151. — (4) Compt. rend. XXXV, 413; Instit. 1852, 309; vgl. auch Compt. rend. XXXV, 433. — (5) Jahresber. f. 1851, 151. — (6) Jahresber. f. 1851, 136.

Längsstreifen im Sonnenspectrum.

nähere experimentelle Bestätigung dieser Theorie hat Babinet dem Entdecker Zantedeschi überlassen zu müssen geglaubt.

Porro (1) hat auf den nämlichen Gegenstand bezügliche Messungen mitgetheilt.

Die prismatischen Farben und ihre Zusammensetzung.

Von Helmholtz sind zwei wahrhaft classische Arbeiten über die Farbe der verschieden brechbaren Strahlen und die aus ihrer Zusammensetzung hervorgehenden Mischtöne erschienen.

Die historische Einleitung zu der Abhandlung über den letzteren Gegenstand (2) dürfen wir um so mehr hier übergehen, als das Wesentliche derselben in einem früheren Berichte bereits von uns mitgetheilt wurde (3). Als Grundfarben, durch deren Mischung alle übrigen entstanden gedacht werden könnten, nahm Leonardo da Vinci Roth, Gelb, Grün und Blau, Waller Roth, Gelb und Blau, Wollaston Roth, Grün, Blau und Violett, Young Roth, Grün und Violett an. Helmholtz bemerkt, die Zurückführung auf drei Grundfarben habe bei verschiedenen Beobachtern dreierlei verschiedenen Sinn: 1) entweder dafs die Grundfarben solche seien, aus welchen alle möglichen anderen zusammengesetzt seien, oder sich mindestens zusammensetzen liefsen; 2) oder dafs, wie Mayer und Brewster annehmen, die Grundfarben (Roth, Gelb und Blau) dreierlei objectiven Arten des Lichtes entsprechen; 3) oder dafs, wie Young annimmt, die Grundfarben dreierlei verschiedenen Grundempfindungsarten der Sehnerven entsprechen, aus

(1) Compt. rend. XXXV, 479. — (2) Müller's Archiv f. Anatomie und Physiologie 1852; Pogg. Ann. LXXXVII, 45; Phil. Mag. [4] IV, 519; im Ausz. Ann. ch. phys. [3] XXXVI, 500. — (3) Jahresber. f. 1849, 115. — Dafs die von Helmholtz erwähnte Arbeit von Waller über Classification der Farben (Phil. Trans. 1686) noch vor Newton's Untersuchungen über Zerlegung des weifsen Lichtes durch das Prisma erschienen sei, kann nicht richtig sein, da Newton die gedachten Untersuchungen schon im Jahre 1666 anstellte und 1672 der königl. Gesellschaft die Resultate mittheilte.

welchen die übrigen Farbenempfindungen zusammengesetzt seien.

Die prismatischen Farben und ihre Zusammensetzung.

Auf die zweite Ansicht bezieht sich die zweite Arbeit von Helmholtz, welche wir unten näher besprechen werden. Die beiden andern hat der genannte Forscher einer sorgfältigen Prüfung mit Hülfe der prismatischen Farben unterworfen.

In einen schwarzen Schirm schnitt Helmholtz zwei unter 45° gegen die Verticale geneigte Spalten, welche in Gestalt eines V zusammenstiefsen, beleuchtete sie mit Tageslicht und zerlegte die durchgehenden Strahlen mit einem reinen, vor dem Objectivglase eines Fernrohrs vertical und in der Lage der kleinsten Ablenkung aufgestellten Flintglasprisma. Die schiefen Grenzlinien der parallelogrammförmigen Spectra gehen den Spalten parallel, ebenso die Fraunhofer'schen Linien, A, B, D, E, b, F, G, H, welche man deutlich genug in beiden Farbenbildern bemerkte, und in dem Raume, in welchem beide Spectra übereinanderfallen, stellen sich dem Auge sämmtliche Combinationen aus je zwei einfachen Spectrumsfarben dar.

Bringt man das Prisma durch Drehung um die Axe des Fernrohrs aus der verticalen in eine geneigte Lage, so verschiebt sich das eine Spectrum in ein noch schieferes Parallelogramm und wird lichtstärker, das andere stellt sich mehr aufrecht und wird lichtschwächer, so dafs man den zu einer Mischfarbe beitragenden Tönen sehr verschiedenes Verhältnifs der Intensität geben kann. — Da die richtige Beurtheilung der Farben, namentlich der helleren, ins Weifse übergehenden Töne beeinträchtigt wird durch andere in der Nähe befindliche, namentlich gesättigte Farben, so isolirte Helmholtz beliebige zu betrachtende Punkte des gefärbten Feldes dadurch, dafs er das Auge 1 bis 2 Fufse von dem Ocular entfernte und durch eine in diesem Abstande in einem Schirme angebrachte Oeffnung blickte. Das Auge empfängt so nur einen dünnen, von einer kleinen Stelle des Farbenfeldes ausgegangenen Lichtpinsel.

Die prismatischen Farben und ihre Zusammensetzung.

Um die zu der Combination beitragenden Elementarfarben zu sehen, kann man entweder von einem Gehülfen abwechselnd die eine oder die andere der schiefen Spalten bedecken lassen, oder in der Oeffnung des Schirms ein kleines Prisma anbringen, welches dann die beiden Elementarfarben nebeneinander stellt. — Bei Betrachtung sehr weifslicher Mischfarben bedarf das Auge öfterer Ruhe, um ein delicates Unterscheidungsvermögen zu behalten.

Folgendes an sich leicht verständliches Schema drückt die Resultate der Beobachtungen von Helmholtz aus:

	Violett	*Blau*	*Grün*	*Gelb*	*Roth*
Roth	Purpur	Rosa	Mattgelb	Orange	Roth
Gelb	Rosa	Weifs	Gelbgrün	Gelb	
Grün	Blafsblau	Blaugrün	Grün		
Blau	Indigblau	Blau			
Violett	Violett				

Das von den seither angenommenen Vorstellungen am Meisten abweichende Resultat ist die Mischung von Gelb und Blau zu Weifs. Das angewendete Gelb lag zwischen D und E, dreimal näher bei letzterem, das Blau erstreckte sich von der Mitte zwischen F und G bis G. Durch die genannten Strahlen ist das Spectrum in einen vorzugsweise rothen, einen vorzugsweise grünen und einen violetten Raum abgetheilt. Die Farben des ersten Raumes verbinden sich mit denjenigen des zweiten zu gelben Tönen, mit Uebergängen in Roth, Fleischroth, Weifs und Grün, die Farben des zweiten und dritten Raumes zu blauen Tönen, mit Uebergängen in Grün, Weifs und Violett, die des ersten und dritten Raumes zu Purpurroth, mit Uebergängen in Fleischfarben, Rosa und Violett. Weifs kann nur aus passender Vereinigung von Strahlen aus den drei Räumen entstehen. Helmholtz hat mittelst eines besonderen Apparates mehrere solcher Combinationen dargestellt. Er erhielt Weifs aus Roth, Grün und Violett, welche die folgenden Paare von Complementärfarben liefern:

einfaches Roth	und	zusammengesetztes	mattes Blaugrün
„ Grün	„	„	Purpurroth
„ Violett	„	„	mattes Gelb

Die prismatischen Farben und ihre Zusammensetzung.

Dem Ansehen nach unterscheiden sich das Blaugrün und Gelb von gewissen prismatischen Farbentönen nur durch mindere Sättigung; allein die letzteren haben nicht die Eigenschaft, mit einfachem Roth und Violett Weifs zu geben.

Aus Mischung blauer und gelber Farbmaterialien in Pulverform erhält man niemals Weifs, sondern immer Grün. Helmholtz ist der Ansicht, dafs die in einer solchen Mischung oberflächlich liegenden blauen Theilchen nur Blau, die gelben nur Gelb reflectiren und diese Strahlen zusammen Weifs geben, dafs aber ein Theil des Lichtes durch die erste oder die paar ersten Schichten von Pulverkörnchen dringe und aus dieser Tiefe reflectirt grün zurückkehre, weil die feinen Theilchen des blauen Farbstoffs auch Grün und Violett, die des gelben Farbstoffs auch Roth und Grün durchlassen. — Indem Helmholtz am Umfang eines Farbenkreisels Sectoren von Gummigutti oder Chromgelb mit solchen von Bergblau oder Ultramarin wechseln liefs, in der Mitte des Kreisels aber ein Feld mit der Mischung jener Farbstoffe anlegte, erhielt er hier Grün, während bei der Umdrehung des Kreisels der Rand grau erschien (1).

Eine sehr einfache und bequeme Methode, welche Helmholtz angiebt, um die Combinationsfarbe aus zwei Tönen in verschiedenem Verhältnisse ihrer Intensität zu beobachten, verdient eine besondere Erwähnung. Man legt

(1) Keineswegs um einen Zweifel an der Richtigkeit der eben angeführten Resultate auszudrücken, sondern um die Beseitigung jedes Einwurfs zu veranlassen, erlaubt sich Referent daran zu erinnern, dafs man ein Feld, welches mit dicht aneinander liegenden blauen und gelben Linien bezogen ist, aus einer über der deutlichen Sehweite liegenden Entfernung sehr bestimmt grün sieht. Referent mufs übrigens zufügen, dafs er bei Betrachtung der scharfen Grenzlinie eines gesättigten blauen und gelben Feldes die mit Abweichungskreisen bedeckte Zone niemals grün, sondern weifslich, meifst mit einem Stich ins Rothe sah.

Die prismatischen Farben und ihre Zusammensetzung.

auf eine schwarze Unterlage die zwei Pigmentscheibchen, deren man sich bedienen will, etwa zwei farbige Oblaten, und stellt zwischen ihnen vertical eine durchsichtige Spiegelplatte auf. Man kann dann das reflectirte Bild der vorderen Scheibe mit der direct durch die Platte gesehenen hinteren Scheibe leicht zur Deckung bringen und durch Neigen der Spiegelplatte verschiedene Verhältnisse der Intensität beider zu combinirenden Bilder hervorbringen. Auch auf diesem Wege sieht man Blau und Gelb nicht zu Grün, sondern zu Weifs sich vereinigen.

Newton hatte angegeben, dafs man jede prismatische Farbe durch Vereinigung der beiden angrenzenden Töne hervorbringen könne. Helmholtz hat diefs bestätigt und gefunden, dafs die Mischfarbe, gegen die einfache prismatische Farbe gehalten, immer weifslicher und matter wird, je weiter die combinirten Farben von jener abstehen. — Roth und Violett liefs Newton sich im Farbenkreise aneinanderschliefsen und unterwarf sie dem nämlichen Gesetze, wie die anderen Farben. Helmholtz bemerkt, dafs die Nachahmung des Violett aus Indigblau und etwas Roth schlecht, die Nachahmung des Roth durch Orange mit Violett noch viel unvollkommener gelinge.

Um alle Farbentöne des Spectrums durch Vereinigung möglichst weniger Farben zu erreichen, braucht man wenigstens fünf Farben, nämlich : Roth, Gelb, Grün, Blau, Violett. Will man sich auf drei Grundfarben beschränken, so wird man nach dem Vorgang von Young Roth, Grün und Violett wählen müssen, da Roth und Violett sich nicht rein durch Mischung darstellen lassen.

Wir haben in einem früheren Berichte (1) mitgetheilt, wie die Ansicht Brewster's, wonach Roth, Gelb und Blau sich über die ganze Länge des Spectrums in verschiedenem Grade der Intensität verbreiten, die Farbe eines Strahls also keineswegs von Schwingungsdauer und Brechbarkeit abhängen

(1) Jahresber. f. 1847 u. 1848, 197 u. 198.

solle, ohne besonderen Erfolg von Airy, Melloni und Draper bekämpft wurde. Nunmehr hat Helmholtz (1) eine gründliche experimentelle Kritik der Brewster'schen Ansicht gegeben, welcher gegenüber dieselbe sich nicht länger wird behaupten können. Obgleich Brewster nirgends eine detaillirte Beschreibung der Methode gegeben hat, nach welcher er seine Fundamentalbeobachtungen über den Einflufs absorbirender Mittel auf verschiedene Theile des prismatischen Spectrums machte, so theilt doch Helmholtz die Meinung Melloni's und Draper's nicht, dafs ein unreines Spectrum, in welchem Farben verschiedener Brechbarkeit sich deckten, die Ursache der besonderen Wahrnehmungen Brewster's gewesen sei. Dagegen macht er aufmerksam auf die Zerstreuung und Reflexion, welche das durch einen Spalt ins dunkle Zimmer dringende Licht an den Oberflächen und in der Masse auch des reinsten Flintglasprismas, ferner an den Flächen und in der Masse des zwischen Fernrohr und Auge eingeschalteten färbenden Mediums erleide, endlich auf die mehrfachen Reflexionen, welche zwischen eben diesen Flächen und der Oberfläche der Hornhaut eintreten müssen. Seien auch alle diese Einflüsse gering, so reiche dieser unregelmäfsig ins Auge gelangende Lichtantheil doch hin, den Ton solcher Farben des Spectrums, welche vorher durch Absorption ebenfalls bedeutend geschwächt seien, merklich zu trüben. Durch Einschalten der färbenden Medien vor dem lichtgebenden Spalt, durch Anwendung sehr vollkommener Flintglasprismen, deren sämmtliche Flächen, mit Ausnahme der beiden brechenden, sorgfältig geschwärzt sind, läfst sich die angegebene Fehlerquelle in hohem Grade schwächen. — Nicht zu beseitigen ist dagegen der Umstand, dafs der Netzhaut eine nicht unbedeutende Menge im Innern des Auges zer-

Die prismatischen Farben und ihre Zusammensetzung.

(1) Pogg. Ann. LXXXVI, 501; Phil. Mag. [4] IV, 401; im Ausz. Berl. Acad. Ber. 1852, 458; Ann. ch. phys. [3] XXXVII, 69; Arch. ph. nat. XXII, 123; Instit. 1853, 101.

Die prismatischen Farben und ihre Zusammensetzung.

streuten und mehrmals zurückgeworfenen Lichtes zukommt, und wenn verschiedenfarbiges Licht gleichzeitig ins Auge dringt, so kann keine der betrachteten Farben vollkommen rein gesehen werden. Ihr Ton wird um so unreiner werden, je mehr ihre eigene Intensität durch Absorption vorher verloren hat. Helmholtz hat den Beweis geführt, dafs von diesem Einflufs vornehmlich der Erfolg des Versuchs herrührte, auf welchen Brewster ein vorzügliches Gewicht legt, der nämlich, dafs das durch Smalteglas noch sichtbare gelbe Band sich immer mehr ins Weifse zieht, ein je dickeres Glas man anwendet. Ein solches Glas läfst nämlich durch : das äufserste Roth mit den Linien A und B, ein röthliches Orange zwischen C und D, sehr schwach, ein etwas stärkeres gelbes Band, einerseits ins Orange, andererseits ins Graue ziehend, ferner jenseits eines dunkeln Zwischenraumes Blau und Violett, also Farben genug, welche ihre diffusen Strahlen dem Gelb beimischen können, so lange man das ganze Spectrum ins Auge fallen läfst. Auch erhielt Helmholtz in der That das nämliche Resultat, wie Brewster. Dasselbe fiel aber ganz anders aus, als das Spectrum des ersten Prismas mittelst einer Linse auf einem Schirme entworfen wurde, welcher durch einen Spalt nur ein schmales Band, etwa das der Absorption durch Smalteglas entgangene Gelb, gehen liefs, so dafs der hinter dem Schirme befindliche Beobachter dasselbe mittelst eines zweiten reinen Prismas auf seine Zusammensetzung untersuchen konnte. Die dem Gelb im ersten Spectrum beigemischten weifsen Strahlen hatten keineswegs gleiche Brechbarkeit mit dem Gelb, sondern wurden in ein äufserst lichtschwaches Spectrum zerlegt, in welchem das Gelb rein und glänzend hervortrat.

Helmholtz bemerkt weiter, dafs die Contrastwirkung die Beurtheilung nebeneinanderliegender Felder beeinträchtige, namentlich wenn beide von sehr verschiedener Intensität seien. Die bezüglichen Erfahrungen Brücke's (1)

(1) Vgl. Jahresber. f. 1851, 194.

glaubt Helmholtz dahin modificiren zu müssen, dafs bei sehr starkem Lichte sich immer die nämliche Farbe über das dunklere Feld ausgiefse, welche das hellerleuchtete hat, während bei schwachem Lichte immer die Complementärfarbe inducirt werde, namentlich dann lebhaft, wenn man das Auge hin und her wandern lasse. Roth giebt leichter die Complementärfarbe, als Grün und Violett. — Bei Absorption des Spectrums durch Portwein, Perubalsam, Pech oder Schwefelbalsam sah Brewster das Grün über den Ort des Gelb und Orange bis ins Roth herein reichen. Helmholtz schlofs schon daraus auf eine subjective Farbentäuschung, dafs bei bewegtem Auge das Grün noch weiter ins Roth vorrückte, als bei ruhendem Blicke. Bei Isolirung der einzelnen Farbenbänder mittelst des zweiten Schirms sah man Gelb und Orange in natürlicher Färbung, ohne eine Spur von Grün. Diese Beispiele werden genügen, zu zeigen, wie schlagend die Kritik von Helmholtz ist, und es wird nicht nöthig sein, die Widerlegung jedes einzelnen Brewster'schen Resultates hier im Detail zu erörtern.

Die prismatischen Farben und ihre Zusammensetzung.

Bei einigen Versuchen Brewster's kommt, wie Helmholtz bemerkt, noch eine andere physiologische Thatsache in Betracht, dafs nämlich dasselbe homogene Licht bei verschiedener Lichtstärke nicht gleiche Farbeneindrücke hervorruft. Bei blendender Helligkeit scheinen alle Farben in Weifs überzugehen. Selbst bei Roth, welches diese Erscheinung am Schwersten zeigt, hat Helmholtz bei hoher Intensität den Uebergang in Hellgelb bemerkt. Es erklärt sich daraus, warum der schmale gelbe Streif, welcher dem Flintglasspectrum des Tageslichtes eigen ist, im Sonnenspectrum in ein breites Band übergeht. Wenn man seine Intensität durch gekreuzte Nikols mehr und mehr schwächt, sieht man in gleichem Mafse die Breite des gelben Bandes abnehmen.

Merkwürdiger Weise ist ganz gleichzeitig mit der Helmholtz'schen Kritik der Brewster'schen Beobachtungen und der darauf gebauten Schlüsse noch eine zweite

Die prismatischen Farben und ihre Zusammensetzung.

von F. Bernard (1) erschienen, in welcher zudem die nämlichen Bedenken und Gegengründe geltend gemacht worden sind. Auch Bernard hat sich überzeugt, welchen Täuschungen man ausgesetzt ist, wenn man das durch Absorption veränderte Spectrum nicht unmittelbar mit dem unveränderten vergleichen kann, und wenn bei Beurtheilung eines Farbentones die durch benachbarte Farben verursachte subjective Wirkung nicht vermieden wird. Er hat ferner wahrgenommen, dafs oft schon Intensitätsunterschiede allein einen ungleichen Farbeneindruck bedingen, wie namentlich, dafs Orange und Grün bei zunehmender Intensität sich dem Gelb, Gelb und Roth endlich sich dem Weifs zu nähern scheinen; dafs bei abnehmender Lichtstärke das Roth in Purpur, das Blau in einen violetten Ton übergeht; dafs endlich bei noch gröfserer Entfernung des Schirms, worauf man das prismatische Spectrum aufgefangen hat, alle Farben verschwinden bis auf einen grau-grünen Streifen, welcher der hellsten Stelle des Spectrums entspricht. Wir wollen hier in das Einzelne der zum Theil sehr sinnreichen Versuche Bernard's, soweit sie nur einen kritischen Zweck haben, nicht eingehen und aus diesem Theile der vorliegenden Arbeit nur noch das Verzeichnifs der absorbirenden Mittel aufnehmen, mit Hülfe deren Bernard einzelne Strahlen aus dem Spectrum isolirte, während alle übrigen durch Absorption zurückgehalten wurden.

1) Manche Gläser lassen nur das äufserste Roth durch; verbindet man weniger dunkle rothe mit blauen Gläsern, so kann man das Spectrum bis auf die jenseits der Linie A liegenden rothen Strahlen auslöschen. Will man den nämlichen Zweck mit gewissen rothen Flüssigkeiten oder mit dichromatischen Mitteln, wie Chromchlorid, schwefels. Chromoxyd, Chromalaun erreichen, so mufs man noch ein rothes Glas zufügen, um die grünen und blauen Strahlen vollständig wegzunehmen.

(1) Ann. ch. phys. [3] XXXV, 385.

2) Um das Orange zwischen C und D allein zu haben, verbindet man ein oder zwei hellrothe Gläser mit einem dunkelgrünen Glase. Die prismatischen Farben und ihre Zusammensetzung.

3) Das Gelb in der Nähe von B erhält man durch Verbindung einer Lösung von saurem chroms. Kali (oder braunem oder orangefarbigem Glase) mit einer Lösung von schwefels. Nickeloxydul (oder grünem Glase) und einem dunkelblauen Glase. Letzteres dient, um die orangefarbenen Strahlen wegzunehmen.

4) Das Grün diesseits der Linie E kann man durch eine Verbindung smaragdgrüner Gläser isoliren. — Das Grün von E bis etwas jenseits F erhält man durch eine Mischung von schwefels. Chromoxyd mit saurem schwefels. Kali, verbunden mit einem hellgrünen Glase.

5) Das Blau beiderseits der Linie F erhält man durch Lösung von Chromalaun mit saurem chroms. Kali, verbunden mit einem hellgrünen Glase. — Das Blau zwischen F und G isolirt eine Lösung von Berlinerblau in Oxalsäure.

6) Eine hinreichend concentrirte Lösung von schwefels. oder salpeters. Kupferammoniak läfst die blauen und violetten Strahlen durch.

Bezüglich der Absorptionsgesetze adoptirt Bernard die allgemein angenommene Ansicht, dafs die Schwächung des Lichtes nach einer geometrischen Reihe wachse, wenn die Dicke der absorbirenden Schichte in arithmetischer Reihe zunimmt. Ist ε der Bruchtheil, welcher (abgesehen von der Reflexion an der Vorder- und Hinterfläche der Schichte) von der Einheit der Lichtstärke allein durch Absorption in einer Schichte von der Einheit der Dicke verloren geht, so heifst $1 - \varepsilon = a$ der Durchgangscoëfficient, und bei einer Dicke e ist die Intensität des durchgelassenen Strahls, welcher mit der Lichtstärke 1 auffiel, $= a^e$; für nicht homogenes, z. B. für weifses Licht, mufs die Summe vieler Glieder : $\Sigma\,(i \,.\, a^e)$ angenommen werden, worin durch die verschiedenen Werthe von i die ungleiche Intensität der in

Die prismatischen Farben und ihre Zusammensetzung.

dem auffallenden Lichte enthaltenen Farbenstrahlen ausgedrückt wird. Bernard zeigt, wie durch gewisse Werthe von i und a die dichromatischen Mittel bedingt sind.

Der zur Messung der Absorption bestimmte Apparat besteht aus zwei Metallröhren, welche an ihrem vorderen Ende polarisirende, an ihrem hinteren Ende, welches in eine dunkle Kammer mündet, analysirende Nikols tragen. Das Azimut dieser letzteren kann an Verticalkreisen abgelesen werden. Die durch die Röhren gegangenen Lichtbüschel werden in der Kammer an den Hypothenusenflächen zweier Prismen so zurückgeworfen, dafs sie beide dicht neben einander auf eine mit den Linsen des Galileischen Fernrohrs versehene Ocularröhre fallen und hier bezüglich ihrer Lichtstärke mit einander verglichen werden können. Waren sie bei der Nullstellung der analysirenden Prismen gleich hell und wird das eine Büschel irgend einer absorbirenden Wirkung unterworfen, so mufs man dem analysirenden Nikol des zweiten Büschels ein gewisses Azimut α geben, damit wieder gleiche Lichtstärke eintritt. Die Intensität ist dann im Verhältnifs von $1 : \cos^2 \alpha$ vermindert. — Bezüglich der besonderen Vorsichtsmafsregeln, der Correctionen und der Beschreibung der angewendeten Lichtquellen verweisen wir auf die Abhandlung selbst. Bernard schreibt seinem Instrumente die Eigenschaften eines guten Photometers zu, und um sich der Genauigkeit der Bestimmungen zu versichern, prüfte er mit dem Apparat das Gesetz der Abnahme der Lichtstärke mit wachsender Entfernung und fand eine befriedigende Uebereinstimmung.

Ist r der Bruchtheil der Einheit der Lichtstärke, welcher an der Grenzfläche des absorbirenden Mittels zurückgeworfen wird, so ist der durch dieses Mittel gehende Lichtantheil K ausgedrückt durch : $K = \frac{(1-r)^2 a^e}{1-r^2 a^{2e}}$, für eine Dicke e′ hat man einen entsprechenden Ausdruck für K′ und man findet $\frac{K'}{K} = a^{e'-e} \left\{\frac{1-r^2 a^{2e}}{1-r^2 a^{2e'}}\right\}$. Entwickelt man

diesen Werth in eine nach Potenzen von r fortgehende Reihe, so sieht man leicht, dafs sich derselbe für kleine Werthe von r und eine beträchtliche Absorption äufserst nahe auf $a^{e'-e}$ reducirt. Für Glas z. B. ist r sehr nahe $= 0{,}04$ und wenn man die Einheit der Dicke so wählt, dafs $a = \frac{1}{2}$, wenn man $e = 1$, $e' = 2$ nimmt, so ist der Fehler nur $- 0{,}0006$.

Die prismatischen Farben und ihre Zusammensetzung.

Auch wenn a der Einheit nahe kommt, kann man immer noch $K = (1 - r)^2 a^e$, $K' = (1 - r)^2 a^{e'}$ setzen; ist aber der Brechungscoëfficient des Mittels bedeutend höher als der des Glases, so können die mit r^2 multiplicirten Glieder in der obengedachten Reihe nicht mehr vernachlässigt werden.

Die Röhre, vor welche die absorbirenden Schichten gesetzt wurden, nannte Bernard die Objectröhre, die andere die Vergleichungsröhre. Bezeichnet ϱ den relativen Werth der Absorption beider Systeme an und für sich und wurden bei Anwendung dreier Schichten A, B und C von den Dicken 1, 2 und 3 die Azimute α, β, γ des Vergleichungsnikols erhalten, so gelten die Gleichungen:

$$\varrho\,(1-r)^2 a = \cos^2\alpha;\ \varrho\,(1-r)^2 a^2 = \cos^2\beta;\ \varrho\,(1-r)^2 a^3 = \cos^2\gamma$$

daher $a = \frac{\cos^2\gamma}{\cos^2\beta} = \frac{\cos^2\beta}{\cos^2\alpha}$ ist. Setzt man dagegen A vor die Objectröhre, eine äufserst dünne Schichte, welche nur die Reflexions-, nicht aber die Absorptionswirkung geben kann, vor die Vergleichungsröhre; oder B vor die erstere, A vor die letztere; oder endlich C vor die erstere, B vor die letztere, und sind die am Vergleicher abgelesenen Azimute λ, μ und ν, so ist:

$$\varrho\,(1-r)^2 a = (1-r)^2 \cos^2\lambda;\ \varrho\,(1-r)^2 a^2 = (1-r)^2 a \cos^2\mu;\ \varrho\,(1-r)^2 a^3 = (1-r)^2 a^2 \cos^2\nu$$

also $\varrho\, a = \cos^2\lambda = \cos^2\mu = \cos^2\nu$.

Bernard erhielt nach diesen beiden Methoden folgende Werthe für a:

	Roth	Orange	Gelb	Grün (2. Art)	Violett
Kronglas (Brechungscoëff. = 1,514)	0,9086 0,9091			0,9627 0,9578	
Lösung von chroms. Kali (1 Milligr. Salz auf 1 Kubikcentim.)	0,9851 0,9755		0,9599 0,9584		
Lösung von schwefels. Kupferammoniak ($\frac{1}{2}$ Milligr. Kupfer in einem Kubikcentimeter)		0,5174 0,5225	0,5272 0,5244		0,9523 0,9494

Die oberen Zahlen sind nach der ersten, die unteren nach der zweiten der beiden oben beschriebenen Methoden erhalten.

Die für das Glas erhaltenen Werthe vergleicht Bernard mit den beträchtlich davon abweichenden Bestimmungen Bouguer's, und zeigt, dafs die letzteren nothwendig fehlerhaft seien.

Zum Schlusse verspricht der Verfasser mit Hülfe seines Apparates noch Messungen der Lichtstärke verschiedener Lichtquellen, insbesondere der Gestirne, Bestimmung der Intensitätsänderungen des Sonnenlichts, bedingt durch Höhe, hygrometrischen Zustand der Luft etc., ferner der Lichtabsorption in krystallisirten Mitteln, endlich der Intensität des reflectirten Lichtes unter verschiedenen Einfallwinkeln auszuführen.

Farbenbogen der totalen Reflexion.

Im Farbenbogen der totalen Reflexion beobachtet man, von der concaven Seite nach der convexen vorschreitend, Violett, Blau, Grün. Um den grünen Bogen zieht sich ein schmaler rother Saum, welchen Herschel d.j. als eine Wirkung des Contrastes erklärte. Beer (1) giebt dieser Erklärung eine weitere Stütze, indem er auf die Erscheinung aufmerksam macht, welche man bei Betrachtung eines weifsen Quadrates auf schwarzem Grunde durch ein Prisma wahrnimmt. Die beiden der Prismenkante parallelen Seiten des Quadrates erscheinen als farbige Bogen und der violett-blau-grüne Bogen ist zunächst dem Grün ebenfalls roth, zunächst dem Violett aber gelb gesäumt. Dieser letztere Saum, ohnehin von geringerer Intensität, geht bei der Totalreflexion in dem

(1) Pogg. Ann. LXXXVII, 113.

Weifs des glänzenden Feldes unter. An dem zweiten gelb-orange-rothen Rand des Quadrates bemerkt man neben dem Roth keine, neben dem Gelb nur eine schwach-violette subjective Färbung. Dem entspricht die Beobachtung Herschel's, dafs der Farbenbogen der Totalreflexion im gebrochenen Lichte keine überzählige Nüance aufweist. Farbenbogen der totalen Reflexion.

W. Unger (1) hat, gleichsam als Ankündigung eines eigenen Werkes über Farbenharmonie, einen Aufsatz über diesen Gegenstand veröffentlicht, worin er die vorangegangenen Leistungen von Künstlern und Physikern auf diesem Gebiete kurz characterisirt, und dann seine eigene Ansicht entwickelt. Aus dem Verhältnifs der Schwingungszahlen glaubt er eine den musikalischen Tönen entsprechende Farbenleiter (wie diefs bekanntlich Newton schon anstrebte) aufbauen zu können, nämlich : Farbenharmonie.

Musikalische Benennung	Schwingungszahl	Farbe	Musikalische Benennung	Schwingungszahl	Farbe
C	435 Bill.	Carmoisin (Krapplack)	Fis	615 Bill.	Blaugrün (Laubgrün)
Cis	461	Hochroth (Zinnober)	G	652	Blau (Ultramarin)
D	488	Feuerroth (Mennige)	Gis	691	Indig (Berlinerblau)
Dis	517	Orange	A	720	Violett
E	548	Gelb	B	775	Lilla (Röthlich-Violett)
F	581	Gelbgrün (Saftgrün)	H	821	Braunroth; Purpur.

Die sieben ganzen Töne sind demnach : Roth, Orange, Gelb, Grün, Blau, Violett, Purpur. Auffallend erscheint die Behauptung, dafs die Mischtöne im Sonnenspectrum nicht enthalten seien, da doch in demselben Schwingungen jeder Dauer zwischen etwa 440 und 880 Billionen in der Secunde vorkommen. Ein Braunroth ist freilich am Ende des Violett im Sonnenspectrum, soviel Referent weifs, noch nicht beobachtet worden.

Unger bemerkt noch, dafs dem C duraccorde die Verbindung Roth, Gelb, Blau entspreche, welche man allerwärts in den Gemälden der ersten Meister vorzugsweise angewendet finde. Nur in der Frescomalerei, wo man das reine Roth nicht leicht erreichen könne, werde ein um

(1) Pogg. Ann. LXXXVII, 121.

einen halben Ton tieferer Accord, nämlich Purpur, Orange, Blaugrün vorherrschend, wie man sich bei Betrachtung der Pompejanischen Wandgemälde leicht überzeuge.

Veränderung in der Brechbarkeit des Lichtes.

J. Herschel hatte zuerst beobachtet, dafs eine Lösung von schwefels. Chinin, sowie von anderen Salzen dieses Alkaloïds, im durchfallenden Lichte farblos, unter gewissen Einfallwinkeln in schöner blauer Farbe spielte. Er hatte dieses aus ziemlich geringer Tiefe von der Lösung zurückgeschickte Licht *epipolisirt* (1) genannt. Brewster hatte ähnliche Erscheinungen an alkoholischen Lösungen von Pflanzenstoffen, in Oelen und einigen starren Körpern wahrgenommen, so z. B., dafs die Bahn eines Bündels Sonnenlichtes in der grün erscheinenden alkoholischen Lösung des Blattgrüns mit blutrother Farbe bezeichnet war. Er nannte die Erscheinung *innere Dispersion*, schrieb sie der Einwirkung suspendirter oder beigemengter heterogener Theilchen zu und war der Ansicht, dafs auch Herschel's Epipolismus nur ein besonderer Fall der inneren Dispersion sei. Stokes (2) hat den Gegenstand einer neuen experimentellen Untersuchung unterworfen und glaubt, dafs der Fall theilweiser Reflexion durch suspendirte fremdartige Theilchen ganz zu trennen sei von einer Erscheinung, welche in vielen ganz homogenen Flüssigkeiten beobachtet werde und sich in allen ihren Einzelheiten nur durch die Annahme erklären lasse, dafs das in die Masse der flüssigen Schichte eindringende und von da aus nach allen Richtungen ausgesendete Licht bei diesem Vorgange eine Aenderung seiner Brechbarkeit und Farbe erleide.

Als Stokes ein reines Sonnenspectrum auf eine Lösung von schwefels. Chinin fallen liefs, welche in einem Glasgefäfse eingeschlossen war, bemerkte er, dafs der gröfsere Theil des sichtbaren Spectrums frei durch die Flüssigkeit ging, und erst von einem Punkte, etwa von der Mitte

(1) Vgl. Jahresber. f. 1847 u. 1848, 202. — (2) Phil. Mag. [4] IV, 388; Pogg. Ann. LXXXVII, 480; Sill. Am. J. [2] XV, 270.

zwischen den Linien G und H an bis noch eine Strecke jenseits des äufsersten Violett, sah man aus der Flüssigkeit Strahlen von himmelblauer Farbe hervorkommen, und die Schichte, aus welcher dieses Licht hervorkam, war um so dünner, je weiter der Punkt über die äufserste Grenze des sichtbaren Violett hinauslag. Stokes schliefst daraus, dafs die Flüssigkeit, obgleich durchsichtig für beinahe alle sichtbaren Strahlen, fast Dintenschwärze besitze für die unsichtbaren Strahlen, welche brechbarer als das äufserste Violett seien. Durch dunkle Ebenen, welche den blauen, in der Chininschichte gebildeten Raum unterbrechen, sind auch in der Region der unsichtbaren Strahlen solche Stellen angedeutet, wie sie die Fraunhofer'schen Linien im sichtbaren Spectrum bezeichnen, und es hat Stokes auf diese Weise sogar noch mehr dunkle Streifen erhalten, als Becquerel in seiner Abbildung des chemischen Spectrums gegeben hat. Veränderung in der Brechbarkeit des Lichtes.

Der Verfasser bemerkt weiter, dafs das erwähnte blaue Licht keineswegs homogen sei, vielmehr durch das Prisma in Strahlen sehr ungleicher Brechbarkeit, jedoch sämmtlich innerhalb der Grenzen des sichtbaren Spectrums zerlegt werde.

Viele Lösungen von Pflanzenstoffen zeigen ähnliche Erscheinungen. Ein Decoct von Krapp in Alaunlösung giebt gelbes und orangegelbes Licht etwa von der Linie D an bis über das äufserste Violett hinaus, eine alkoholische Lösung des Farbstoffs der Blätter reiches rothes Licht von der Linie B an bis noch über die violette Grenze des sichtbaren Spectrums.

Auch viele starre Körper, durchsichtig oder opak, haben nach Stokes die Fähigkeit, die Brechbarkeit des auffallenden Lichtes theilweise zu verändern. Holz, Kork, Papier, Kattun, wollenes Tuch, Elfenbein, Federn, Leder etc. hat der Verfasser in dieser Beziehung untersucht. Die bedeutende Verlängerung des Spectrums bei Auffangung desselben auf Curcumapapier, welche schon J. Herschel

Veränderung in der Brechbarkeit des Lichtes.

beobachtete, erklärt Stokes aus der Veränderung der Brechbarkeit der sonst unsichtbaren Strahlen. Unter den anorganischen Körpern zeichnen sich manche Exemplare von Flufsspath und gewisse Verbindungen des Uranoxyds durch ihren Einflufs auf die Brechbarkeit des Lichtes aus.

Die Veränderung in der Brechbarkeit, bemerkt Stokes, bestehe ganz allgemein in einer Erniedrigung derselben, und entsprechend werde die Farbe der Strahlen in der Farbenscale abwärts gerückt.

Der Verfasser giebt an, dafs die gedachte Klasse von Erscheinungen verschiedener Anwendungen fähig sei. Man könne bestimmen, ob ein starrer oder flüssiger Körper für unsichtbare Strahlen von gröfserer Brechbarkeit als das Violett, entweder für alle, oder für einzelne derselben durchsichtig sei oder nicht. Man habe ein Spectrum nur mit einer Schichte, z. B. eines Absuds von Rofskastanienrinde, oder einer Platte von uranhaltigem Glase (Kanarienglas) aufzufangen. Der Verfasser hat sich weiter mit Hülfe der gedachten Erscheinungen überzeugt, dafs die Alkoholflamme, die Wasserstoffflamme, dafs endlich das Licht des electrischen Funkens überaus reich sind an unsichtbaren Strahlen von sehr hoher Brechbarkeit.

Absorption des rothen Lichtes in farbigen Flüssigkeiten.

Beer (1) hat die Absorption des rothen Lichtes in einigen farbigen Flüssigkeiten gemessen. Unter dem Absorptionscoëfficienten versteht er den Bruchtheil, auf welchen die Amplitude 1 des Lichtes beim Durchgang durch eine Schicht von 1 Decimeter Dicke einer farbigen Flüssigkeit vermindert wird. Wir wollen versuchen, die Methode, nach welcher Beer diesen Coëfficienten bestimmte, in so weit zu erläutern, als sich diefs in Kürze und ohne beigegebene Zeichnung thun läfst. Zwei unter 45° gegen den Horizont geneigte Stahlspiegel stofsen unter einem rechten Winkel in horizontaler Kante zusammen. Ein horizontales Diaphragma begrenzt ein kreisförmiges Feld, welches zur

(1) Pogg. Ann. LXXXVI, 78.

Hälfte von dem einen, zur andern Hälfte von dem andern Stahlspiegel Licht empfängt, das von zwei seitlich aufgestellten Argand'schen Lampen ausgegangen und durch Nikol'sche Prismen so polarisirt ist, dafs das eine Strahlenbüschel seine Schwingungen in verticaler, das andere in horizontaler Ebene vollendet (1). Auf das Feld des Diaphragma's ist eine vertical darüber angebrachte Loupe gerichtet, welche noch mit einem Nikol'schen Prisma und einem nur rothes Licht durchlassenden Glase versehen ist. Die Azimutalstellung dieses zusammen um die Axe einer verticalen Röhre drehbaren Systems wird durch einen Index angezeigt, welcher sich an der Theilung eines Horizontalkreises herbewegt. Gesetzt, der Index zeige auf Null, wenn das eine Feld gerade vollständig verdunkelt ist, so würde das Azimut $\pm$ 45° Felder von gleicher Helligkeit geben, wenn diese in der That von den Stahlspiegeln gleich viel Licht empfingen. Beer brachte nun in den Weg des einen Lichtbüschels die farbige Flüssigkeit in einer horizontalen, an beiden Enden mit Spiegelplatten geschlossenen Röhre von 1 oder 2 Decimetern Länge, und wandte dieselbe nacheinander in verschiedenen Graden der Verdünnung an. Wenn nun dem verticalen Nikol ein Azimut α gegeben werden mufste, um die gleiche Helligkeit der beiden Halbfelder herbeizuführen, so war das Verhältnifs der Amplituden a und A beider Strahlen, also $\frac{a}{A} = \operatorname{tg} \alpha$, das Mafs der Schwächung, welche der eine Strahl durch das eingeschobene System erfahren hatte. Es würde diese Gröfse unmittelbar den Absorptionscoëfficienten gleich sein, wenn nicht bei dem Uebergang des Lichtes von Luft in Glas, von dem Glas in die Flüssigkeit und umgekehrt vier Reflexionen stattfänden. Beer nahm den Brechungscoëffi-

Absorption des rothen Lichtes in farbigen Flüssigkeiten.

(1) Es ist erfreulich, dafs Beer den Ausdruck Polarisationsebene aufgegeben und durchgängig durch die Angabe der Schwingungsrichtung und Schwingungsebene ersetzt hat. Das Beispiel eines so ausgezeichneten Optikers kann nicht verfehlen, Nachahmung zu finden. Vgl. Jahresber. f. 1849, 107.

Absorption des rothen Lichtes in farbigen Flüssigkeiten.

cienten des rothen Strahles im Glase $n = 1{,}52$, den Brechungscoëfficienten n' in den angewendeten Flüssigkeiten aber durchschnittlich zu 1,33 an. Der aliquote Antheil des Lichtes, welcher der Reflexion entgeht, wird der Theorie zu Folge durch folgende Ausdrücke gegeben:

$$\frac{2}{n+1}, \quad \frac{2}{\frac{n}{n'}+1}, \quad \frac{2}{\frac{n'}{n}+1}, \quad \frac{2}{\frac{1}{n}+1}$$

wonach sich unter Anwendung obiger Zahlenwerthe im Ganzen ein Verlust von 5 pC. durch Reflexion ergiebt. Der Ausdruck für die Schwächung des Lichtes durch Absorption ist demnach $\lambda = \frac{\operatorname{tg} \alpha}{0{,}95}$, und wenn dieselbe bei der Durchdringung einer Schicht von D Decimeter Dicke erfolgte und μ den Absorptionscoëfficienten bedeutet, so hat man $\lambda = \mu^D$, so dafs also:

$$\mu = \left(\frac{\operatorname{tg} \alpha}{0{,}95}\right)^{\frac{1}{D}}$$

Beer hat die Formeln in etwas allgemeinerer Form dargestellt, indem er das Azimut des Index bei Verdunkelung des einen Feldes $= \varphi$, und die Einwirkung des photometrischen Systems selbst auf die beiden Lichtbündel nicht als gleich voraussetzt, so dafs die gleiche Helligkeit der Felder vor Einschiebung der Absorptionsflüssigkeit durch ein Azimut $\varphi - \psi$ hergestellt werden mufs.

Es ergab sich, dafs die Schwächung des Lichtes nur von der Dicke der durchstrahlten concentrirten Lösung abhänge. Eine Röhre von 1 Decimeter Länge mit einer bei 13°,5 concentrirt dargestellten und dann mit 9 Volumen Wasser verdünnten Lösung von Kupfervitriol gefüllt gab die nämliche Absorption, wie eine Schichte von 2 Decimeter Länge, in welcher 1 Volum der concentrirten Lösung mit 19 Raumtheilen Wasser verdünnt war.

Die folgende Tabelle enthält in der ersten Spalte die Temperaturen, bei welchen die concentrirten Lösungen der verschiedenen Salze dargestellt wurden; sehr nahe bei den

nämlichen Temperaturen wurden auch die in der zweiten Spalte angegebenen Dichten gemessen. Bei dem essigs. Eisenoxyd, dem Eisenchlorid und dem salpeters. Nickeloxydul beziehen sich die Temperaturen nur auf die Messung der Dichte. Die Temperatur von 13° bezieht sich auf die Darstellung der concentrirten Kupfervitriollösung, welche nachher mit 359 und mit 719 Raumtheilen Ammoniak und Wasser verdünnt wurde. Die Brüche für den Grad der Verdünnung enthalten im Nenner die Anzahl der Raumtheile Wasser, welche auf einen Raumtheil der concentrirten Lösung genommen wurden. Die Dicke ist in Decimetern ausgedrückt und die letzte Spalte enthält die Absorptionscoëfficienten, sowie deren Mittelzahlen :

Absorption des rothen Lichtes in farbigen Flüssigkeiten.

Temperatur	Dichte	Verdünnung	Durchstrahlte Dicke	Absorptionscoëfficient	
		Essigs. Kupferoxyd			
10°	1,037	$\frac{1}{9}$	1	0,0282	
—	—	—	1	0,0288	
—	—	$\frac{1}{19}$	2	0,0335	0,0298
—	—	—	1	0,0259	
—	—	$\frac{1}{39}$	1	0,0344	
		Schwefels. Kupferoxyd			
13°,5	1,192	$\frac{1}{9}$	1	0,0649	
—	—	$\frac{1}{19}$	2	0,0633	0,0658
—	—	—	1	0,0692	
		Kupferchlorid			
11°	1,531	$\frac{1}{47}$	1	0,0909	
—	—	$\frac{1}{95}$	2	0,0923	0,0900
—	—	—	1	0,0868	
		Schwefels. Kupferoxyd-Ammoniak			
13°	—	$\frac{1}{359}$	1	0,0962	
—	—	$\frac{1}{719}$	2	0,0930	0,0964
—	—	—	1	0,0999	
		Schwefels. Nickeloxydul-Kali			
13°,5	—	$\frac{1}{6}$	1	0,0268	
—	—	$\frac{1}{3}$	1	0,0326	0,0294
—	—	—	2	0,0289	
		Salpeters. Nickeloxydul			
12°,5	1,518	$\frac{1}{29}$	1	0,1853	0,1831
—	—	—	2	0,1809	

Absorption des rothen Lichtes in farbigen Flüssigkeiten.

Temperatur	Dichte	Verdünnung	Durchstrahlte Dicke	Absorptionscoëfficient	
			Chromalaun		
13°,5	1,112	$\frac{1}{8}$	1	0,1653	0,1692
—	—	—	1	0,1669	
—	—	$\frac{1}{17}$	2	0,1602	
—	—	—	2	0,1662	
—	—	—	1	0,1704	
—	—	—	1	0,1868	
			Essigs. Eisenoxyd		
10°,5	1,137	$\frac{1}{25}$	1	0,2185	0,2110
—	—	—	1	0,1957	
—	—	$\frac{1}{51}$	2	0,2039	
—	—	—	2	0,2221	
—	—	$\frac{1}{25}$	1	0,2187	
—	—	$\frac{1}{51}$	1	0,2071	
			Eisenchlorid		
9°,3	1,524	$\frac{1}{2}$	1	0,2749	
			Uranchlorid		
13°,5	1,9..	$\frac{1}{3}$	1	0,8676	0,8688
—	—	—	1	0,8699	
			Kaliumeisencyanid		
12°,3	1,172	$\frac{1}{4}$	1	0,3079	0,3169
—	—	—	2	0,3259	
			Kaliumeisencyanür		
13°,3	1,124	$\frac{1}{6}$	2	0,9694	
			Einfach-chroms. Kali		
11°	1,366	$\frac{1}{6}$	2	0,8797	
			Zweifach-chroms Kali.		
14°,5	1,052	$\frac{1}{6}$	2	0,9342	

Das von Beer construirte Photometer ist von Roudolf (1) zur Bestimmung der Leuchtkraft verschiedener Beleuchtungsmaterialien angewendet worden. Die Abbildung des Apparates, die besonderen Vorsichtsmafsregeln, welche Roudolf anwendete, so wie den Gang der Rechnung mufs man aus der Abhandlung selbst entnehmen. Bezüglich der Resultate vgl. unter Technologische Chemie.

(1) Dingl. pol. J. CXXV, 329.

Optische Eigenschaften eines Jodchininsalzes.

W. B. Herapath (1) beschreibt die optischen Eigenschaften einer Verbindung von Jod mit schwefels. Chinin, deren Darstellung, procentische Zusammensetzung, wahrscheinliche rationelle Formel und Krystallform im chemischen Theil dieses Berichtes näher angegeben wird. Wir bemerken hier in letzterer Beziehung nur, dafs die Verbindung in länglich rechteckigen, quadratischen, octogonalen und rhombischen Blättchen anschiefst, deren Grundform Herapath das rhombische Prisma zu sein schien. In allen Variationen der Form behaupteten die Krystalle den nämlichen optischen Character, welchen der genannte Chemiker mittelst eines Oberhäuser'schen Mikroscopes bei hundertmaliger Vergröfserung im Durchmesser studirte.

Bei freier Betrachtung fällt die glänzend smaragdgrüne Farbe des Salzes auf; unter 49° Einfallwinkel fand Herapath das zurückgeworfene Licht vollständig polarisirt. Im durchgehenden Lichte sind die Krystalle durchsichtig und nur von schwach olivengrüner Färbung (2).

Unter dem Mikroscop nahm Herapath wahr, dafs die Krystalle selbst in Plättchen, von geringerer Dicke als 0,002 Zoll das Licht sehr vollständig polarisirten. Zwei länglich rechteckige Plättchen, unter einem rechten Winkel gekreuzt, liefsen die Kreuzungsstelle vollkommen schwarz erscheinen, während die freiliegenden Theile den olivengrünen Ton zeigten. Wenn man über dem Ocular des Mikroscopes eine Turmalinplatte oder ein Nikol'sches Prisma

(1) Phil. Mag. [4] III, 161; IV, 186; Pharm. J. Trans. XI, 448. 499; im Ausz. Chem. Soc. Qu. J. V, 177; Ann. Ch. Pharm. LXXXIV, 149. — (2) Unter der dichroscopischen Loupe fand Referent das eine Bild sehr dünner Platten des Chininsalzes (dasselbe erinnert an das von Anderson beschriebene Trijodcodeïn, welches Haidinger unter dem Namen *Andersonit* nach seinen krystallographischen und optischen Eigenschaften beschrieben hat, vgl. Jahresber. f. 1850, 164. 429) fast schwarz, während das zweite Bild einen vom Olivengrünen ins Gelbe ziehenden Ton zeigte. Die Schwingungsrichtung des ersteren, also des vorzugsweise absorbirten Strahles, fällt mit der vorherrschenden Schwingungsrichtung der grün-metallglänzenden Oberflächenfarbe zusammen.

Optische Eigenschaften eines Jodchininsalzes.

dreht, so erscheint bei jeder Drehung um einen rechten Winkel abwechselnd die eine oder die andere der beiden Platten vollkommen schwarz. Merkwürdig ist, dafs bei Plättchen der nämlichen Dicke Herapath diese vollständig polarisirende Eigenschaft und doch andererseits auch depolarisirende Eigenschaften wahrgenommen haben will, so dafs wenn eine Jodchininplatte und der Ocularnikol gekreuzt waren, ein zweites dazwischengeschobenes Jodchininplättchen, unter 45° Azimut gegen die beiden Hauptrichtungen geneigt, grün gefärbt erschien. Und noch auffallender ist die Wahrnehmung, dafs dieses nämliche Plättchen (so sollte man wenigstens die Beschreibung Herapath's und die beigegebene Figur verstehen), als es um einen rechten Winkel, also in das Azimut 135° gedreht wurde, die zur vorigen complementäre rothe Färbung annahm. Das vollständige Polarisiren verträgt sich weder mit der Entstehung von Polarisationsfarben, in einer Platte von gleicher Dicke wenigstens, noch ist es erhört, dafs eine Platte, bei welcher nicht Circularpolarisation ins Spiel kommt, ihre Farbe bei Aenderung des Azimuts im Polarisationsapparat wechselt (1).

Dafs man die Platten des Jodchininsalzes bei ihren polarisirenden Eigenschaften und doch grofser Durchsichtigkeit als Polarisationsapparat zur Darstellung der Farben des Glimmers und Gypses benutzen konnte, leuchtet ein und es ist wohl nicht erforderlich, in die Betrachtung der mannichfaltigen Combinationen näher einzugehen, mittelst deren Herapath die optische Natur seines Salzes auf die

(1) Referent war in den Stand gesetzt, das Herapath'sche Jodchininsalz, sowie die entsprechende Verbindung des Cinchonin's in optischer Beziehung zu prüfen. Letzteres Salz polarisirt nicht; das Chininsalz dagegen in Plättchen von 0,0012 und 0,0013 Zoll Dicke schon sehr vollständig. Man konnte die Platten an der Stelle von Turmalinen oder Nikol'schen Prismen gebrauchen, um die bekannten Polarisationsfarben des Gypses oder Glimmers hervorzubringen, niemals aber vermochte Referent ein Plättchen des Chininsalzes im Azimut von 45° zwischen gekreuzten Nikols oder Platten des Salzes selbst gefärbt zu sehen.

Probe stellte. Zu bedauern ist nur, dafs man das Salz nur in so kleinen und so äufserst zerbrechlichen Platten darstellen kann, wodurch es sich jeder practischen Anwendung für optische Apparate entzieht.

Optische Eigenschaften eines Jodchinin salzes.

Der genannte Chemiker untersuchte mittelst einer Turmalin- und einer Glimmerplatte auch andere Krystalle organischer Verbindungen auf ihre polarisirenden Eigenschaften, ohne dafs er dieselben bei einer einzigen in so hohem Grade antraf, als bei dem erwähnten Jodchininsalze. Am bemerkbarsten trat noch das Polarisationsvermögen bei dem Chinidin hervor. Die klinorhombischen Prismen des reinen Alkaloïds, sowie das saure und neutrale schwefels. Salz, das oxals. und basisch-salzs. Salz polarisiren so stark, dafs man hierin ein gutes Unterscheidungszeichen von den entsprechenden Verbindungen des Chinins und Cinchonins finden kann.

Herapath beschreibt noch eine Erscheinung, welche ihm das saure schwefels. Chinidin bot, und durch welche man unwillkürlich an die Haidinger'schen Polarisationsbüschel (1) erinnert wird. Jenes Salz krystallisirt in scheibenförmigen Büscheln aus radienförmig gestellten prismatischen Nadeln. Wenn man eine Combination aus einem Turmalin und einer Glimmerplatte mit einer solchen sternförmigen Scheibe des Chinidinsalzes bedeckt, so sieht man je zwei gegenüberliegende Quadranten gleich, die aneinanderstofsenden complementär gefärbt. Eine Glimmerplatte gab grüne und blafsrothe, eine andere blaue und gelbe Quadranten. Wenn man sich an die von Silbermann gegebene Erklärung der Haidinger'schen Büschel erinnert, so sieht man, dafs bei dieser die faserige Structur der Krystalllinse das Analogon zu dem sternförmigen Krystallbüschel abgiebt.

(1) Jahresber. f. 1847 u. 1848, 205.

Die Schwingungsrichtung des polarisirten Lichtes.

Haidinger (1) hat aus den pleochromatischen Verhältnissen der Krystalle den Beweis abgeleitet, dafs die Schwingungen des geradelinig polarisirten Lichtes rechtwinklig zur Polarisationsebene erfolgen. Betrachtet man die beiden Strahlen, welche einen optisch einaxigen Krystall rechtwinklig zur optischen Axe durchdringen, so ist es von jeher üblich, zu sagen, der ordentliche Strahl sei in dem Hauptschnitt, der aufserordentliche rechtwinklig zum Hauptschnitte polarisirt. Fielen nun die Schwingungen in die Polarisationsebene, so müfsten in dem angenommenen Falle die des ordentlichen Strahles längs der optischen Axe selbst gerichtet sein. Sie würden daher in einem nach der optischen Axe fortgehenden Strahl nur als longitudinale, folglich optisch unwirksame Schwingungen vorhanden sein. Auf keinen Fall könnten daher die Absorptionsverhältnisse dieses Strahles die nämlichen sein, wie die des ordentlichen Strahles, welcher rechtwinklig zur Axe den Krystall durchdringt, und doch zeigt es die dichroscopische Loupe so. Wären die Schwingungen des aufserordentlichen Strahles rechtwinklig zur Axe gerichtet, so müfste man sie und die ihnen eigenthümlichen Absorptionsverhältnisse in dem Lichte wiederfinden, welches längs der Axe durchgeht, und doch widersprechen die Wahrnehmungen mit der dichroscopischen Loupe diesem Resultate unter allen Umständen auf das Bestimmteste. Eine ähnliche Demonstration läfst sich an den (optisch zweiaxigen) trichromatischen Mitteln führen. Man mufs gestehen, die Gesichtspunkte dieser Beweisführung sind einleuchtend und treffend, aber sie sind keineswegs neu. Da Haidinger die französische Literatur, insbesondere Moigno's *Répertoire d'optique moderne* nicht nur kennt und citirt, sondern ausführliche Mittheilungen daraus über Fragen macht, welche die deutschen Optiker

(1) Wien. Acad. Ber. VIII, 52; Pogg. Ann. LXXXVI, 131; Phil. Mag. [4] V, 49; eine kurze Notiz in Phil. Mag. [4] III, 385; Instit. 1852, 195.

in überwiegender Mehrzahl wohl zu den abgemachten rechnen, so ist es erlaubt zu wünschen, dafs die deutsche Literatur daneben nicht unerwähnt geblieben wäre. Wir erlauben uns unter Anderem auf einen früheren Jahrgang dieses Berichts, für 1849, zu verweisen, wo Referent Seite 106 die nunmehr von Haidinger wieder angeführte Betrachtung über die Durchsichtigkeitsverhältnisse des Turmalins als ein bekanntes Argument dafür anführt, dafs die Schwingungen des polarisirten Lichtes rechtwinklig zur Polarisationsebene gerichtet sind (1). Auch Cauchy's Beweis und Babinet's verunglückter Versuch einer Widerlegung, welche Haidinger nun aus einem französischen *Répertoire* den deutschen Lesern vorführt, haben am angeführten Orte bereits vor mehreren Jahren Erwähnung und Würdigung gefunden. Haidinger's unbestreitbares Verdienst ist es, durch seine Forschungen über Pleochroismus zu dem Argument, welches die Absorptionsverhältnisse des Turmalins bieten, eine grofse Zahl analoger hinzugefügt und überhaupt das Interesse für mineralogische Optik allseitiger geweckt zu haben. Die Schwingungsrichtung des polarisirten Lichtes.

Ångström (2) hat bereits vor drei Jahren eine mathematisch-physikalische Untersuchung veröffentlicht über geradelinige Polarisation und doppelte Brechung in den Krystallen der schiefwinkligen Systeme. Zwei Umstände scheinen Ångström dafür zu sprechen, dafs die Fresnel'sche Theorie dreier rechtwinkliger Elasticitätsaxen für die Erklärung der Erscheinungen nicht ausreiche, welche jene Krystalle darbieten, und zwar einmal die von Nörren- Lage der Hauptaxen in klinometrischen Krystallen.

(1) Referent hält es für seine Pflicht, anzuführen, dafs er die oben erwähnte Demonstration für die Schwingungsrichtung des polarisirten Lichtes bereits vor 15 Jahren an einigen zu diesem Zwecke vortrefflich geeigneten Turmalinpräparaten in den Vorträgen des Professor Nörrenberg in Tübingen kennen gelernt hat. — (2) Mémoire sur la polarisation rectiligne et la double réfraction des cristaux à trois axes obliques, par Ångström. (Extrait des acta Regiae societatis Upsalensis.) Upsal, 1849.

Lage der Hauptaxen in klinometrischen Krystallen.

berg und Herschel gefundenen Abweichungen von jener symmetrischen Vertheilung der Farben, welche bei den Krystallen des rhombischen Systems immer vorhanden ist, verbunden mit der eigenthümlichen Aenderung in der Anordnung der Farben, welche im Gyps in höherer Temperatur eintritt; sodann die Beobachtung, dafs die akustischen Figuren auf einer rechtwinklig zur Orthodiagonale gespaltenen Gypsplatte aus zwei Hyperbelsystemen bestehen, während Savart bewiesen hat, dafs, wenn in die Ebene der Platte eine oder zwei Elasticitätsaxen fallen, wie es bei der angegebenen Spaltung des Gypses in der That der Fall ist, das eine Hyperbelsystem in zwei sich schneidende gerade Linien übergehe, vorausgesetzt, dafs die Elasticitätsaxen rechtwinklig aufeinander stehen. Da man die geraden Linien nicht beobachtet, schliefst Ångström, können auch die in die Schnittfläche fallenden Axen der Elasticität des Gypses keinen rechten Winkel bilden. Da aber durch die besondere Aggregation der materiellen Molecüle die Elasticität des Aethers bedingt sei, können auch die Elasticitätsaxen des Aethers nicht rechtwinklig aufeinander stehen. — Was übrigens die Verbreitung des Lichtes in den Krystallen betrifft, so weist Ångström nach, dafs die Annahme eines directen Einflusses der materiellen Molecüle allein eine befriedigende Herleitung der Erscheinungen nicht möglich mache, dafs diese aber eben so wenig aus der alleinigen Annahme eines indirecten Einflusses der materiellen Molecüle auf die Elasticität und Dichte des Aethers sich ergebe, und dafs man daher genöthigt sei, beide Annahmen neben einander gelten zu lassen.

Das Resultat der mathematischen Entwickelungen Ångström's, welche sich übrigens in kurzem Auszug nicht verständlich würden vortragen lassen, besteht darin, dafs für die monoklinometrischen Krystalle an die Stelle der zwei in der Symmetrieebene liegenden rechtwinkligen Axen zwei in derselben Ebene gelegene conjugirte Elasticitätsaxen treten müssen. Uebrigens ist es dem Verfasser noch nicht

gelungen, für bestimmte krystallinische Mittel die Richtung jener Elasticitätsaxen für die materiellen Molecüle oder auch für den Aether mit Sicherheit anzugeben. Er bemerkt, dafs nur das Eine als ausgemacht zu betrachten sei, dafs diejenige der drei Hauptpolarisationsrichtungen, welche der gröfsten Elasticität entspreche, innerhalb des spitzen Winkels der conjugirten Axen liege. Es folgt übrigens aus den von Ångström entwickelten Gleichungen, bei welchen die Bewegung des Aethers auf conjugirte Axen bezogen ist, eine verschiedene Lage der Hauptpolarisationsrichtungen, je nach der Farbe des Strahls und der Temperatur des Mittels.

Lage der Hauptaxen in klinometrischen Krystallen.

Am Gyps und Feldspath hat Ångström (1) eine Reihe von Untersuchungen über die Lage der optischen, thermischen, electrischen und akustischen Axen angestellt, welche wir im Resultate hier mittheilen wollen.

Mittelst dreier Prismen, deren brechende Kanten respective den drei Hauptpolarisationsrichtungen eines Gypskrystalls parallel geschnitten waren, während der brechende Winkel von einer zweiten Hauptrichtung halbirt wurde, fand Ångström ganz nach der Methode, welche Rudberg (2) beim Arragonit und Topase anwandte, folgende Brechungscoëfficienten für den gelben Strahl, welchen eine gesalzene Weingeistflamme lieferte :

Prisma	$\frac{1}{\alpha}$	$\frac{1}{\mu}$	$\frac{1}{\nu}$	Temp.
1	—	1,52267	1,52974	18°,9
2	1,52057	—	1,52975	19°,7
3	1,52055	—	1,52975	18°,2
Im Mittel	1,52056	1,52267	1,52975	19°,0

wonach der Winkel 2α der optischen Axen bei 19° gleich 57° 31′ gefunden wird. — Aus den nicht sehr vollkommenen experimentellen Bestimmungen für andere Farbenstrahlen schlofs Ångström, dafs die Mittellinie für das violette Licht

(1) Pogg. Ann. LXXXVI, 206; Ann. ch. phys. [3] XXXVIII, 119. — (2) Pogg. Ann. XVII, 1.

Lage der Hauptaxen in klinometrischen Krystallen.

in der Symmetrieebene der Richtung des faserigen Blätterdurchgangs näher liegt, als die Mittellinie für das rothe Licht. — Wenn man die beiden in die Symmetrieebene fallenden Richtungen des faserigen und erdigen Blätterdurchgangs, und die Symmetrieaxe als die drei conjugirten Axen annimmt, wobei der faserige Durchgang die gröfste und die symmetrische Axe die kleinste Elasticitätsaxe würde, und bedenkt, dafs der spitze Winkel zwischen den Blätterdurchgängen mit der Temperatur wächst, so folgt 1) dafs zugleich die Polarisationsaxen der verschiedenen Farbenstrahlen sich von der gröfseren Conjugataxe entfernen, 2) dafs diejenige Polarisationsaxe, welche der kleinsten Elasticitätsaxe entspricht, am Stärksten wächst, wie diefs der Erfahrung gemäfs ist.

Die Lage der akustischen Figuren hat Ångström nur an solchen Platten bestimmt, welche parallel der Symmetrieebene gespalten waren. Wurde die Platte am Rande gestrichen, so entstanden zwei Hyperbelsysteme, welche bei sehr dünnen, im Mittelpunkt befestigten Scheiben in Curven dritter Ordnung übergingen. Uebrigens fand Ångström die Wahrnehmung Savart's, wonach die beiden Richtungen der Blätterdurchgänge Asymptoten sein sollten, nicht bestätigt. Jene Richtungen verhalten sich vielmehr als conjugirte Axen. Sind a und b die reelle und die imaginäre Axe der Hyperbel, α der Winkel, welchen die erstere mit dem faserigen Blätterdurchgang macht, so ergab sich :

	a	b	α
Erstes Hyperbelsystem	8,67	12,244	14°25′
Zweites Hyperbelsystem	9,06	13,91	60°29′

Wird die kreisförmige Gypsplatte durch ein Loch in der Mitte gestrichen, so entsteht eine geschlossene Curve, wie Ångström glaubt von der nämlichen Form, wie der Hauptschnitt der Fresnel'schen Elasticitätsfläche. Bedeuten a und b den gröfsten und den kleinsten Durchmesser und β den Winkel, welchen der letztere mit dem faseri-

gen Blätterdurchgang bildet, so ergab sich im Mittel aus vier Versuchen : Lage der Hauptaxen in klinometrischen Krystallen.

$$a = 0{,}8088 \qquad b = 0{,}5857 \qquad \beta = 53^\circ 40'$$

wobei die Radien der Scheiben als Längeneinheit angenommen sind. Bei dem System von Knotenlinien nächst höherer Ordnung, welches aus einer Hyperbel und einer ellipsenähnlichen Curve besteht, fand Ångström :

	a	b	β
Ellipse	0,8595	0,7002	48°20′
Hyperbel	0,2687	0,9442	48°20′

und er sieht die Abweichung des Werthes β in den Knotenlinien verschiedener Ordnung als einen Beweis an, dafs die klinometrischen Krystalle in akustischer Beziehung keine rechtwinkligen Elasticitätsaxen besitzen.

Bei der Prüfung des Wärmeleitungsvermögens der Gypsplatten nach der Methode von Sénarmont (1) fand Ångström in Uebereinstimmung mit jenem Physiker $\frac{a}{b} = 1{,}22$, den Neigungswinkel von a gegen die Richtung des faserigen Blätterdurchgangs aber, je nachdem diese Beobachtung mit einer dünnen Eisrinde, mit einem Wachsüberzug oder durch Erhitzen bis zum Weifswerden der Gypsplatte angestellt wurde :

Für die Isotherme von 0° den Winkel $\alpha = 46^\circ$
" " " von 68° " " $\alpha = 49^\circ$
Bei Zersetzung des Gypses " " $\alpha = 55^\circ$

Was die Ausdehnung durch die Wärme betrifft, so hatte Neumann bereits mit Zugrundelegung der Mitscherlich'schen Beobachtungen eine Formel abgeleitet, mit deren Hülfe aus der relativen Ausdehnung $\frac{\triangle C}{C}$ in Richtung der Prismenaxen und den Winkeln, welche eine Richtung mit einer zum erdigen Blätterdurchgang rechtwinkligen Axe, mit der symmetrischen Axe und der Primenaxe bildet, die relative Ausdehnung in jener Richtung gefunden wird. Aus dieser Formel berechnet Ångström die relative Ausdehnung in Richtung der drei thermischen Axen, wie folgt:

(1) Jahresber. f. 1847 u. 1848, 101.

$$\frac{\triangle c}{c} = \frac{\triangle C}{C} - 0{,}001909; \quad \frac{\triangle b}{b} = \frac{\triangle C}{C} - 0{,}000983; \quad \frac{\triangle a}{a} = \frac{\triangle C}{C} - 0{,}002468$$

Lage der Hauptaxen in klinometrischen Krystallen.

Die kleinste Axe c macht einen Winkel von beinahe 12° mit dem faserigen Blätterdurchgang, a ist parallel der symmetrischen Axe. Nachdem der genannte Physiker mit einem Instrument, welches nach dem Princip von Jerichau's (1) Thermomikrometer eingerichtet war, an einigen Lamellen die absolute Ausdehnung in Richtung der Prismenaxe gemessen und $\frac{\triangle C}{C} = 0{,}001401$ gefunden hatte, so konnte er die folgenden Werthe ableiten:

$$\frac{\triangle c}{c} = -0{,}000508; \quad \frac{\triangle b}{b} = 0{,}002384; \quad \frac{\triangle a}{a} = 0{,}003869; \quad \frac{\triangle V}{V} = 0{,}005745.$$

Der Gyps zieht sich daher, ähnlich wie der Kalkspath, bei Erwärmung in einer gewissen Richtung zusammen.

Auch bezüglich der Härte des Gypses in verschiedenen Richtungen, sowie bezüglich seines Verhaltens zur Electricität und zum Magnetismus hat Ångström die Beobachtungen anderer Physiker controlirt, und er giebt schliefslich die folgende Zusammenstellung der Resultate in allen genannten Beziehungen, wobei α den Winkel der Axe mit der Richtung des faserigen Blätterdurchgangs bedeutet:

	für Gyps	für Feldspath
Mittellinie der optischen Axen . .	14°	4°,2
Kleinste Ausdehnung durch die Wärme .	12°	—
Gröfste Härte	14°	4°,1
Magnetische Anziehung	14°	4°,1 (?) diam.
Gröfstes Leitungsvermögen für die Wärme	50°	60°
Gröfste Elasticitätsaxe in akustischer Hinsicht	53°	63° +
Kleinstes Leitungsvermögen für Electricität	62°	63°

Es zerfallen die Axen offenbar hinsichtlich ihrer Richtung in zwei Hauptklassen, und dasselbe Resultat stellte sich bei Untersuchung des Feldspathes heraus; für diesen Körper bedeutet α den Winkel, welchen die Axen mit der schiefen Basis bilden.

Abgesehen von dem Hauptergebnisse der besprochenen Arbeit, dafs man nämlich bei den klinometrischen Kry-

(1) Pogg. Ann. LIV, 139.

stallen anstatt rechtwinkliger Elasticitätsaxen schiefwinklig conjugirte annehmen müsse, bemerkt Ångström schliefslich noch: 1) dafs das Wärmeleitungsvermögen sich am Meisten nach der Krystallform richte; beim Topase, Bournonit, Arragonit und schwefels. Antimon (?) findet man das gröfsere Leitungsvermögen längs der kleinen Diagonale der Basis; 2) die Richtung der Blätterdurchgänge bestimmt die Richtung der gröfsten Härte und kleinsten Ausdehnung, in gewissem Grade auch die Elasticität des Aethers; 3) denkt man sich einen Strahl, dessen Schwingungen nach der gröfsten oder kleinsten thermischen Axe gehen, so scheint derselbe, wenn die Temperatur steigt, resp. die kleinste oder gröfste Veränderung in seiner Schnelligkeit zu erleiden. So beim Gyps, Feldspath, Arragonit und Kalkspath.

Lage der Hauptaxen in klinometrischen Krystallen.

Heusser (1) hat nach einer Methode, welche von derjenigen Rudberg's (2) nicht wesentlich abweicht und bezüglich deren Details wir auf die Abhandlung verweisen, die Brechungsverhältnisse einiger doppelbrechender Krystalle gemessen, und dabei eine Genauigkeit erreicht, welche diejenige der Rudberg'schen Resultate im Allgemeinen noch übertrifft. In Anbetracht dessen, dafs die Brechungsverhältnisse für die einzelnen Fraunhofer'schen Linien noch von sehr wenigen doppelbrechenden Körpern bekannt sind, theilen wir hier die Mittelwerthe der Heusser'schen Resultate mit:

Brechungsverhältnisse und Axenwinkel doppelbrechender Krystalle.

1. Schwerspath. (Rhombisches System.)

Strahl	n_3	n_2	n_1	$\frac{n_3}{n_1}$	$\frac{n_3}{n_2}$
H	1,66560	1,65436	1,65301	1,00762	1,00679
G	1,66060	1,64960	1,64829	1,00747	1,00667
F	1,65484	1,64393	1,64266	1,00741	1,00664
E	1,65167	1,64093	1,63972	1,00729	1,00654
D	1,64797	1,63745	1,63630	1,00713	1,00642
C	1,64521	1,63476	1,63362	1,00709	1,00639
B	1,64415	1,63370	1,63258	1,00709	1,00639

(1) Pogg. Ann. LXXXVII, 454; im Ausz. Ann. ch. phys. [3] XXXVII, 251. — (2) Pogg. Ann. XVII, 1.

Brechungsverhältnisse und Axenwinkel doppelbrechender Krystalle.

Die Stärke der Doppelbrechung, welche durch die Quotienten $\frac{n_3}{n_1}$, $\frac{n_3}{n_2}$ gegeben ist, nimmt, wie man sieht, von dem violetten nach dem rothen Lichte stetig ab, wie diefs Rudberg auch bei dem Topase und Arragonit fand. — Die Axenwinkel α nach der Formel : $\operatorname{tg} \alpha = \frac{n_1}{n_3} \sqrt{\frac{n_3^2 - n_2^2}{n_2^2 - n_1^2}}$ berechnet, wobei α den Winkel der optischen Axe mit der Axe gröfster Elasticität bedeutet, sind die folgenden :

Strahl	α	$2\,(90^\circ - \alpha)$
H	70° 47′ 8″	38° 25′ 44″
G	70° 52′ 7″	38° 15′ 47″
F	71° 4′ 12″	37° 51′ 36″
E	71° 20′ 25″	37° 19′ 11″
D	71° 36′ 11″	36° 47′ 37″
C	71° 38′ 23″	36° 43′ 15″
B	71° 47′ 15″	36° 25′ 29″

Der Schwerspath ist also, da der spitze Winkel der optischen Axen von der Axe kleinster (1) Elasticität halbirt wird, ein optisch positiver Krystall. Der Axenwinkel wächst von dem rothen nach dem violetten Ende des Spectrums, ähnlich wie bei dem (optisch negativen) Arragonit.

2. Topas vom Schneckenstein.

Heusser konnte so wenig, wie früher Rudberg, in dem von den Prismen dieses Topases entworfenen Spectrum die Fraunhofer'schen Linien erkennen und begnügte sich daher, an drei nach den Hauptlagen geschnittenen Prismen die Brechungsverhältnisse eines zwischen D und F liegenden grünen Strahls zu messen. Er fand bei 22° Temperatur :

$$n_3 = 1{,}62898\ ; \qquad n_2 = 1{,}61965\ ; \qquad n_1 = 1{,}61800.$$

3. Apatit vom Zillerthal. (Hexagonales System.)

Das Prisma liefs nur im mittleren Theil des Spectrums die Fraunhofer'schen Linien D, E, F, G erkennen. Temperatur = 21° :

(1) In der Abhandl. heifst es, wohl irrthümlich, „gröfster Elasticität“

Brechungsverhältnisse und Axenwinkel doppelbrechender Krystalle.

	n_1	n_2	$\frac{n_1}{n_2}$
G	1,65953	1,65468	1,00293
F	1,65332	1,64867	1,00282
E	1,64998	1,64543	1,00276
D	1,64607	1,64172	1,00265

Für *Beryll* und *Turmalin* (beide dem hexagonalen System angehörig), konnte Heusser, weil die Fraunhofer'schen Linien nicht zu erkennen waren, nur die Brechungsverhältnisse für den mittleren grünen Strahl bestimmen. Er fand bei 22° Temperatur :

	Gewöhnl. Strahl	Ungewöhnl. Strahl
Beryll :	1,57068	1,57513
Turmalin :	1,64793	1,62617

Der *Beryll*, welcher hiernach den positiven Krystallen zuzuzählen wäre, gilt nach früheren Beobachtungen für ein optisch negatives Mittel.

Farbenstreifen in einem Quarzprisma.

Salm-Horstmar (1) hat eine Notiz mitgetheilt über Farbenstreifen, welche man mittelst eines Quarzprismas im polarisirten Lichte erblickt, sei es, dafs man mit einem Nikol'schen Prisma oder mit unbewaffnetem Auge hineinblickt. Die eine Fläche des Prismas ist rechtwinklig zur Axe des Bergkrystalls geschnitten, die beiden anderen schneiden sich unter einem Winkel von 54°,5 nach einer zur ersteren Fläche parallelen Kante. Das polarisirte Licht läfst man durch die erste Fläche eintreten und an einer der beiden anderen Flächen reflectiren. — Auch an ähnlich geschnittenen Kalkspath- und Beryllprismen hat Salm-Horstmar (2) ähnliche Farbenstreifen wahrgenommen, welche sich, namentlich bei dem ersteren, bei einer gewissen Neigung des Auges in das Ringsystem mit schwarzem Kreuz verwandelten.

Brechungserscheinungen in Kalkspath und Beryll.

Schöbl (3) hat Kalkspathindividuen aufgefunden, welche nicht doppelte, sondern sehr vielfache Brechung (Schöbl

(1) Pogg. Ann. LXXXV, 318. — (2) Pogg. Ann. LXXXVI, 145. — (3) Wien. Acad. Ber. VIII, 543.

zählte in einem Falle gegen 400 Bilder) zeigten. Da der Verfasser angiebt, dafs diese Krystalle eine innere Schichtung zeigten und mit farbigen Bändern durchzogen erschienen, so läuft das Ganze wohl auf eine mehrfache Reflexion an innern Spaltungs- oder Zusammensetzungsflächen hinaus.

Brechungserscheinungen im Diamant.

Brewster (1) hat bei näherer Untersuchung der ebenen Fläche einer planconvexen Diamantlinse von sehr kurzer Brennweite, welche als Loupe drei Bilder gab, gefunden, dafs dieselbe eine grofse Menge sehr feiner paralleler Streifen darbietet, welche das Licht ungleich reflectiren. Als er die Neigung der Fläche gegen das Licht änderte, wurden viele der vorher dunkeln Streifchen glänzend und umgekehrt, so dafs Brewster geneigt ist, anzunehmen, dafs die Fläche, welche der Künstler eben darstellen wollte und als solche betrachtete, aus einer grofsen Menge verschieden geneigter kleiner Flächen bestehe, deren Durchschnittskanten aber sämmtlich parallel laufen und welche verschiedenen Krystallindividuen angehören. Er erörtert, wie es möglich sei, dafs diese Flächen beim Schleifen sich bilden.

In einer späteren Mittheilung berichtet Brewster (2) über die farbigen Streifen, welche ein Splitter das berühmten Koh-i-noor im polarisirten Lichte zeigte, sowie über die kleinen hohlen Räume und gelben krystallinischen Körperchen, welche er in jenem sowohl, als in anderen zu London befindlichen Diamanten aufgefunden hat.

Doppelbrechung durch Compression.

In weiterem Verfolge seiner Untersuchungen über die in regulären Krystallen durch Compression bewirkten mechanischen und optischen Veränderungen (3) hat Wertheim (4) die folgenden Erfahrungen gemacht : 1) Für jede dem regulären System angehörige Mineralspecies läfst sich der Elasticitätscoëfficient aus dem Grundton der trans-

(1) Phil. Mag. [4] III, 284; Instit. 1852, 143. — (2) Instit. 1852, 407. — (3) Vgl. Jahresber. f. 1851, 170. — (4) Compt. rend. XXXV, 276; Instit. 1852, 270; Pogg. Ann. LXXXVII, 498; Arch. ph. nat. XXI, 50.

versal und beiderseits frei schwingenden Platte mit hinreichender Genauigkeit bestimmen. 2) Bei Krystallen, welche nur Würfelflächen darbieten, ist der durch eine gewisse Compressionskraft erzeugte Gangunterschied beider Strahlen von der Richtung des Druckes unabhängig. Bei Steinsalz und Flufsspath ist sogar die absolute Gröfse des einer gleichen Linearcompression entsprechenden Gangunterschiedes nahezu die nämliche, wie bei verschiedenen Glassorten. 3) Bei dem in Kubo-Octaëdern krystallisirenden Alaune variiren die Kräfte, welche einen gleichen Gangunterschied erzeugen, je nach der Richtung selbst im Verhältnifs von 1 : 4. 4) Die Verschiebung der optischen Axen gegen die mechanischen, deren schon im vorjährigen Berichte gedacht wurde, ist winkelrecht auf die Würfelflächen fast Null in Krystallen mit quadratischen Hexaëderflächen, nimmt aber zu, wenn diese Flächen von der Quadratform sich entfernen und beträgt 20° bis 25°, wenn die Seiten des Rechtecks sich wie 1 : 2 verhalten. 5) Ein octaëdrischer Flufsspath zeigte eine Verschiebung von 45° der optischen Axen gegen die mechanischen, während ein kubischer keine Spur davon zeigte. 6) Wie man die regulären Krystalle durch Comprimiren in repulsive (negative) optische Mittel verwandelt, so kann man sie durch Ausziehen attractiv (positiv) machen. Doppelbrechung durch Compression.

Bezüglich der Ursache der gedachten Phänomene sagt Wertheim: Sowohl die ungleiche optische Compressibilität, als auch die Drehung des optischen Ellipsoïds haben ihren gemeinschaftlichen Ursprung in den dauernden Wirkungen der beim Krystallisiren eingetretenen Spannungen. Bekanntlich ist die mechanische oder moleculare Elasticität unabhängig von den Formänderungen, welche der Körper früher erlitten hat; die optische Elasticität dagegen hat gewissermafsen den Eindruck davon bewahrt.

Splitgerber (1) hat die Polarisationserscheinungen, hervorgerufen durch kleine in der Glasmasse befindliche Polarisationsfarben durch Concretionen im Glase.

(1) Pogg. Ann. LXXXV, 408.

Polarisationsfarben durch Concretionen im Glase.

entglaste Körper, welche für ihn bereits Gegenstand mehrfacher Mittheilungen (1) gewesen sind, unter dem Mikroscope betrachtet und beschreibt die um das Centrum jener Körper auftretende Farbenfolge näher. Durch Erhitzen konnte er den durch die Körnchen in ihrer Umgebung herbeigeführten Spannungszustand aufheben und damit zugleich die Farben zum Verschwinden bringen.

Körperfarben und Oberflächenfarben.

Haidinger (2) hat eine Zusammenstellung derjenigen Körper, welche aufser der Körperfarbe im durchgelassenen Lichte noch eine andere Oberflächenfarbe im reflectirten Lichte zeigen, zu dem Zweck gegeben, um darzuthun, dafs sich diese beiden Farben immer, wenn nicht genau, doch annähernd complementär gegeneinander verhalten. Die Begriffe und Beobachtungsweisen sind aus früheren Mittheilungen (3) hinreichend bekannt und wir erwähnen daher hier nur noch, dafs Haidinger, gegenüber einer Stelle in Moigno's *Répertoire d'optique moderne*, worin Brewster das ganze Verdienst der Aufschliefsung dieses Gebietes der Optik zugeschrieben wird, mindestens die Gleichzeitigkeit, wenn nicht die Priorität seiner Untersuchungen nachweist.

1. Mit *rother* Körperfarbe:

Murexoin
Chrysammins. Kali
Kalium-Molybdän-Sulfid
Magnesium-Platin-Cyanür.

2. *Orange* und *Gelbe* Körperfarbe:

Lithion-Platin-Cyanür
Chromsäure
Magnesium-Platin-Cyanür
Jod
Krokons. Kupferoxyd
Andersonit
Jodblei
Aloëtins. Kali
Chrysolepinsäure
Baryum-Platin-Cyanür
Kalium-Platin-Cyanür
Palladium-Chlorür
Chrysolepins. Kali.

3. Mit *grüner* Körperfarbe:

Platinblaus. Ammoniak
Zinnoxydul.

4. Mit *blauer* Körperfarbe:

Berlinerblau
Indig
Platinblausäure
Oxals. Platinoxydul
Kalium-Platin-Cyanür-Cyanid
Platinblaus. Ammoniak
Zweifach-wolframigs. Natron.

5. Mit *violetter* Körperfarbe:

Grünes Hydrochinon
Uebermangans. Kali
Kalium-Iridium-Chlorid
Murexid.

(1) Vgl. Jahresber. f. 1850, 163. — (2) Wien. Acad. Ber. VIII, 97. — (3) Jahresber. f. 1847 u. 1848, 194. 202; Jahresber. f. 1849, 120. 121. 122; Jahresber. f. 1850, 164.

Bezüglich der ausführlichen chromatischen Characteristik dieser Verbindungen müssen wir auf die Abhandlung verweisen, da leider der Raum dieser Berichte dieselbe aufzunehmen nicht erlaubt. Körperfarben und Oberflächenfarben.

Bekanntlich beobachtete Haidinger die krystallisirten Verbindungen mit der dichroscopischen Loupe, und zwar im durchfallenden Lichte rechtwinklig und parallel der Axe, wenn der Krystall optisch einaxig, oder in Richtung der drei Elasticitätsaxen, wenn er optisch zweiaxig ist. — Aufserdem aber pflegt Haidinger die pulverförmigen Substanzen mit einem Messer auf mattgeschliffenes Glas, oder, wenn das Pulver härter ist, auf mattgeschliffenen Quarz aufzustreichen. Wenn bei manchen Körpern, wie z. B. bei dem chrysammins. Kali, eine Abhängigkeit der farbigen Polarisation von der Richtung des Striches erkannt wurde, so konnte diefs wohl nur darin liegen, dafs dabei die feinen Krystallplättchen eine in gewissem Sinne geordnete Lagerung annahmen. Nicht leicht möchten indessen auf diese Weise ganz reine, für etwaige theoretische Untersuchungen brauchbare Resultate erhalten werden.

Anwendung des polarisirten Lichtes in chemischen Untersuchungen.

Die Untersuchungen Biot's (1) über die Gesetze der Circularpolarisation, zu welchen dieser Forscher nun wieder neue werthvolle Beiträge (2) gegeben hat, haben im Allgemeinen zu den folgenden Resultaten geführt: 1) Die Drehung der Schwingungsebene ist der Dicke der von dem Lichtstrahle durchlaufenen Schichte proportional, so lange der optisch wirksame Körper entweder in reinem Zustande, oder immer in gleichem Grade der Verdünnung angewendet wird. 2) Bei Zumischung optisch unwirksamer Körper, wie z. B. Wasser, Alkohol, Essigsäure, verhielt sich die Drehung der Schwingungsebene dem Gewichtsan-

(1) Bull. de la Soc. philom. 1815, p. 190; Mém. de l'Acad. des Scienc. II, 41; XIII, 39; XV, 93; XVI, 229; Ann. ch. phys. [3] X, 5. 175. 307. 385; XI, 82; XXVIII, 215. 351; XXIX, 35. 341. 430. — (2) Ann. ch. phys. [3] XXXVI, 257. 405; im Ausz. Compt. rend. XXXV, 233. 613; Instit. 1852, 349. 361; Ann. Ch. Pharm. LXXXIV, 160. 166.

Anwendung des polarisirten Lichtes in chemischen Untersuchungen.

theil an der optisch wirksamen Substanz proportional, wonach also in Verbindung mit dem vorigen Satze gefolgert werden kann, dafs die Stärke der Drehung im Verhältnifs der Anzahl optisch wirksamer Molecüle steht, welchen der Strahl auf seinem Wege durch die Mischung begegnet. 3) Die Ablenkungen, welche die Schwingungsebenen der verschiedenen Farbenstrahlen erleiden, stehen sehr nahe im umgekehrten Verhältnisse des Quadrates der Wellenlängen (1). Man beobachtet indessen bei verschiedenen optisch wirksamen Substanzen kleine Abweichungen in der Dispersion der Schwingungsrichtungen der verschiedenfarbigen Strahlen, ähnlich wie bei der prismatischen Zerlegung des Lichtes durch verschiedene brechende Mittel auch bei gleicher Länge des ganzen Farbenbildes kleine Ungleichheiten in der Breite der einzelnen Farbenräume wahrgenommen werden.

Nachdem Biot die moleculare Natur der circularpolarisirenden Kraft dargethan hatte, galt es ihm, ein Mafs dieser Molecularkraft aufzustellen, mittelst welches jede Aenderung ihrer Stärke erkannt werden könne. Ist α die Drehung, welche die Schwingungsebene eines Strahles beim Durchgang durch eine flüssige Schichte von der Länge l und Dichte δ erfährt, und bedeutet ε den Antheil der optisch wirksamen Substanz in der Gewichtseinheit der Lösung, so ist $(\alpha) = \frac{\alpha}{l.\varepsilon.\delta}$, nach Biot die specifische Rotationskraft der Substanz, die Drehung, welche der nämliche Strahl bei Durchdringung einer Schichte von der Dicke 1, und zwar der reinen optisch wirksamen Substanz im Zustand einer hypothetischen Dichte 1 erleiden würde.

Bei den meisten optisch wirksamen Körpern bemerkte Biot keine Aenderung der specifischen Rotationskraft, ob diese Substanzen rein oder in beliebigem Grade der Ver-

(1) Bezügl. der Abweichungen von diesem Gesetze vgl. Broch im Repert. der Physik, VII, 113.

dünnung mit optisch wirksamen Lösungsmitteln angewendet wurden. Nur die Weinsäure und ihre Verbindungen machten hiervon eine Ansnahme. Mit der Zumischung von Wasser erhöhte sich stetig die optische Kraft der Weinsäuremolecüle, und in noch stärkerem Grade geschah diefs durch Zusatz äufserst geringer Mengen der an sich doch optisch unwirksamen Borsäure. Der gesetzmäfsige Verlauf dieser Aenderungen der specifischen Rotationskraft in Mischungen von Weinsäure und Wasser, von Weinsäure und Borsäure, sowie von Weinsäure, Borsäure und Wasser, ist von Biot gründlich studirt und durch Formeln dargestellt worden. Da die bezüglichen Resultate Gegenstand mehrfacher Mittheilung in diesen Berichten (1) waren, so verweisen wir hierauf. — Auch die Dispersion der verschiedenfarbigen Schwingungsebenen stellt sich bei der Weinsäure in völlig abweichendem Verhältnisse dar. Während bei allen übrigen Substanzen die Ablenkung mit der Brechbarkeit des Strahles wächst, fand sich bei der Weinsäure die Schwingungsebene des grünen Strahles stärker abgelenkt, als die des rothen und blauen, diejenige des violetten Strahles war am Wenigsten abgelenkt, und die Verhältnisse der Ablenkungen unter sich änderten sich bei Zusatz von Wasser und Borsäure, indem sie sich den gewöhnlichen, bei anderen Substanzen beobachteten näherten. Schon ein Zusatz von $^1/_{500}$ Borsäure veranlafste, dafs die abnormen Dispersionsverhältnisse der Weinsäure sich in die normalen des Quarzes, Zuckers u. s. w. verwandelten. Eine ähnliche Wirkung äufsern mächtige Basen, wie Kali, Natron und Ammoniak. Biot zieht aus diesen Erscheinungen den, wie es scheint, unabweisbaren Schlufs, dafs die Molecüle der Weinsäure schon durch Zusatz von Wasser, mehr noch durch den von Borsäure oder der genannten Alkalien in ihrer chemischen Natur geändert werden, ohne aber dabei eine Zersetzung zu erleiden.

Anwendung des polarisirten Lichtes in chemischen Untersuchungen.

(1) Jahresber. f. 1849, 129; f. 1850, 167 u. 169.

Anwendung des polarisirten Lichtes in chemischen Untersuchungen.

In der ersten der citirten neueren Arbeiten gelangt Biot nun zu dem interessanten Resultate, dafs die gegenseitige Einwirkung der optisch wirksamen Molecüle und derjenigen des indifferenten Lösungsmittels der ganz allgemeine Fall ist, und dafs diese Einwirkung bei anderen Substanzen als der Weinsäure seither nur wegen ihrer Kleinheit der Wahrnehmung entgangen war. Eine neue Methode, welche der genannte Forscher zur Vergleichung der optischen Wirkung bei verschiedenen Graden der Verdünnung der wirksamen Substanzen erdacht hat, ist ganz vorzugsweise zur Erkennung kleiner Unterschiede geeignet. Sie besteht darin, die Länge der flüssigen Säulen, welche der Strahl bei verschieden verdünnten Lösungen der nämlichen Substanz zu durchdringen hat, so abzumessen, dafs derselbe jedesmal einer gleichen Zahl wirksamer Molecüle begegnet. Hat man die eine Säule in den Apparat gebracht und zeigen die beiden Hälften der Soleil'schen Doppelplatte die Uebergangsfarbe, so braucht man nur die zweite Säule zu substituiren, um der Erkennung des geringsten Unterschiedes in der optischen Wirkung sicher zu sein. Auch das Mafs dieser geringen Differenzen ergiebt sich mit grofser Annäherung, wenn man mehrmals mit der concentrirteren und verdünnteren Lösung alternirt und jedesmal die gleiche Färbung der beiden Plattenhälften mittelst des Compensators herstellt.

Biot giebt mit aller nur wünschenswerthen Ausführlichkeit Anleitung, wie die entsprechenden Dicken verschieden verdünnter Lösungen zu berechnen und am bequemsten experimentell herzustellen sind und wie man dabei auf etwa eintretende Verdichtung der Mischungen Rücksicht nimmt. Bei Lösungen von Zucker in Wasser und von Terpentinöl in Alkohol erkannte Biot eine Verstärkung der specifischen Rotationskraft. Wenn Terpentinöl mit Olivenöl gemischt wurde, trat nur eine äufserst geringe Verstärkung ein, dieselbe nahm aber mit der Zeit noch etwas zu.

Anwendung des polarisirten Lichtes in chemischen Untersuchungen.

Lösungen von krystallisirtem natürlichem Kampher (aus Laurineen) in Essigsäure ergaben im Gegentheil eine Abnahme der Rotationskraft bei zunehmender Verdünnung, freilich in immer abnehmendem Verhältnifs, je stärker die bereits eingetretene Verdünnung war. Je reiner die Essigsäure war, desto entschiedener zeigte sich die angegebene Wirkung, welche Biot sowohl nach seiner neuen Methode, als auch mittelst unmittelbarer Messung der Ablenkungen des rothen und gelben Strahles bei verschiedenen Concentrationsgraden nachwiefs. Folgendes sind die Ergebnisse dreier Versuche :

	1	2	3
Gewichtsantheil Kampher . .	0,5551	0,3958	0,1626
„ des Lösungsmittels	0,4449	0,6042	0,8374
Dichte der Lösung	1,0093	1,0267	1,0491
Temperatur	11°	10°	11°,5
Länge der Säule	198mm	299mm	500,5mm
Ablenkung des gelben Strahls . .	+ 60°,5	+ 60°,5	+ 38°,66
Ablenkung des rothen Strahls .	+ 40°,15	+ 41°,125	+ 26°,14
Dispersionsverhältnifs . . .	19,9 / 30	20,4 / 30	20,3 / 30
Specifische Rotationskraft . .	+ 36°,205	+ 33°,833	+ 30°,618

Auch bei der Auflösung des Kamphers in absolutem Alkohol verminderte sich die specifische Rotationskraft, wie die folgenden Versuche beweisen :

	1	2 *)	3
Gewichtsantheil Kampher . .	0,4183	0,1883	0,1957
„ des Lösungsmittels	0,5217	0,8117	0,8043
Dichte der Lösung	0,8646	0,8268	0,8288
Temperatur	14°	13°	14°
Länge der Säule	299mm	500,5mm	516mm
Ablenkung des gelben Strahls .	+ 59°,5	+ 40°,5	+ 43°
Ablenkung des rothen Strahls .	+ 40°,33	+ 27°	+ 28°,66
Dispersionsverhältnifs . . .	20,33 / 30	20 / 30	20 / 30
Specifische Rotationskraft . .	+ 37°,284	+ 34°,647	+ 34°,238

*) Der zweite Versuch war mifsglückt, indem Flüssigkeit durch die Röhren auslief und die Messungen nur ganz flüchtig ausgeführt werden konnten. Obgleich die Resultate also nicht völlig zuverlässig sind, so beweisen sie doch, gegen den ersten Versuch gehalten, unzweideutig die Abnahme der spec. Rotationskraft bei zunehmender Verdünnung.

Anwendung des polarisirten Lichtes in chemischen Untersuchungen.

Will man die Aenderungen der spec. Rotationskraft der Lösungen von Kampher in reiner Essigsäure und in absolutem Alkohol durch Interpolationsformeln von der Form: $(\alpha) = A + B \cdot e$ darstellen, worin e den Gewichtsantheil des Lösungsmittels bedeutet, so nehmen für den rothen Strahl die Constanten folgende Werthe an:

Für Lösung in Essigsäure:	$A = +42^{\circ},54$	$B = -14^{\circ},236$
Für Lösung in absolutem Alkohol:	$A = +45^{\circ},25$	$B = -13^{\circ},688$

Da A die spec. Rotationskraft des reinen Kamphers bedeutet, so müfsten streng genommen die aus beiden Versuchsreihen gefundenen Werthe gleich sein, und ihre Ungleichheit beweifst, dafs die Interpolationsformeln nicht das wirkliche Gesetz der Aenderungen in der Rotationskraft ausdrücken. — Den homogenen rothen Strahl stellte sich Biot mittelst eines mit Kupferoxyd gefärbten Glases dar, die Ablenkung des gelben Strahles nahm er als gleich an mit derjenigen des empfindlichen Farbentones *(couleur sensible, teinte de passage)* (1). Aus den zahlreichen Beobachtungen, welche der genannte Forscher mit den verschiedensten optisch wirksamen Substanzen anstellte, ergab sich, dafs das Verhältnifs der Ablenkungen jener beiden Strahlen, bei dem Quarze $= \frac{23}{30}$, bei keinem Mittel, welches nicht mehrere drehende Substanzen oder Weinsäure enthielt, über $\frac{24}{30}$ hinaus oder unter $\frac{20}{30}$ herabging. Die Lösungen von Kampher in Essigsäure und in absolutem Alkohol nähern sich in dieser Beziehung der unteren Grenze.

Die Kamphersäure zeigte in Essigsäure gelöst eine spec. Rotationskraft $+ 38^{\circ}$, in absolutem Alkohol gelöst $+ 38^{\circ},6$ bis $+ 38^{\circ},9$. Das Drehungsvermögen des Kamphers nimmt also zu, wenn er sich mit Sauerstoff zu Kamphersäure verbindet.

(1) Vgl. Jahresber. f. 1849, 123.

Anwendung des polarisirten Lichtes in chemischen Untersuchungen.

In der zweiten (1) der oben citirten Arbeiten zieht Biot eine Parallele zwischen der Farbenzerstreuung durch das Prisma und der bei der Circularpolarisation auftretenden Dispersion. Die Ablenkung der verschiedenfarbigen Schwingungsebenen durch Eine optisch wirksame Substanz wächst mit der Brechbarkeit des Lichtes, wenn man die Weinsäure und die von ihr abgeleiteten Substanzen ausnimmt. Wie bei der prismatischen so steht auch bei der circularen Dispersion die Stärke der Zerstreuung nicht immer in gleichem Verhältnifs zur Ablenkung des mittleren Strahles, und hier wie dort findet man bei gleichem Unterschied der Ablenkung der äufsersten Strahlen die Vertheilung der Farbenräume nicht immer übereinstimmend; doch sind die Unterschiede immer nur gering. Es läfst sich denken, dafs man, ähnlich wie sich achromatische Brechung durch Combination von Prismen aus Substanzen von verschiedener zerstreuender Kraft hervorbringen läfst, auch circulare achromatische Ablenkung durch Verbindung zweier Mittel von entgegengesetzter optischer Wirkung erhalten kann, und wenn die Achromatisirung keine vollständige ist, wegen nicht proportionaler Farbenräume, so werden die übrig bleibenden secundären Farben im Allgemeinen nicht mehr nach ihrer Brechbarkeit geordnet erscheinen. Verbindungen der gedachten Art lassen sich aber in zweierlei Art herstellen, entweder indem man die nach der Stärke der optischen Wirkung bemessenen Säulen der beiden Substanzen von entgegengesetztem Drehungsvermögen über einander stellt, oder indem man die Substanzen in dem nämlichen Verhältnisse in einer und der nämlichen Röhre mischt. Doch wird in dem letzteren Falle der berechnete Achromatismus nur dann in der beabsichtigten Vollständigkeit eintreten, wenn durch die gegenseitige Einwirkung der Molecüle beider Körper nicht eine Veränderung im Verhältnifs der mittleren Ablenkungen und der Dispersions-

(1) Ann. ch. phys. [3] XXXVI, 405.

Anwendung des polarisirten Lichtes in chemischen Untersuchungen.

gröfsen herbeigeführt wird. Diese Aenderung ist zwar nach dem Ergebnifs der ersten, oben besprochenen Arbeit Biot's wohl immer zu erwarten, doch kann sie gering genug sein, um für die Wahrnehmung zu verschwinden. Diefs ist sehr nahe in dem von Biot zum Belege seiner theoretischen Ansichten gewählten experimentellen Beispiel der Fall, nämlich bei der Mischung von natürlichem Kampher (aus Laurineen) mit Terpentinöl aus *Pinus maritima*.

Wenn man die Achromatisirung zunächst nur auf den rothen und gelben Strahl bezieht, deren Ablenkungswinkel Biot mittelst der oben angeführten Hülfsmittel bestimmte, wenn man ferner die erste Art der Herstellung eines achromatischen Systems in Betracht nimmt, so stellt sich die Berechnung des achromatischen Systems folgendermafsen. Gesetzt die erste Substanz drehe bei einer gewissen Länge der Säule die Schwingungsebene des rothen Strahles um α_r, die des gelben um α_g, und es seien r und g die entsprechenden Ablenkungen für die Einheit der Dicke, so ist $\alpha_g : \alpha_r = \frac{g}{r}$; hat man nun für ein zweites Mittel die Ablenkungen g' und r', so ergiebt sich das Verhältnifs der Längen l und l' der beiden flüssigen Säulen, bei welchem die Ablenkung des rothen Strahles gerade aufgehoben wird, aus der Gleichung $lr + l'r' = 0$; wenn dagegen die Dispersion zwischen dem rothen und gelben Strahl gerade aufgehoben werden soll, so mufs die Gleichung

$$l\,(g - r) + l'\,(g' - r') = 0$$

befriedigt sein. Damit ist aber die Dispersion anderer Strahlen nicht aufgehoben und wird es auch, so lange das oben angeführte Verhältnifs zwischen der Ablenkung der Schwingungsebene und dem Quadrate der Wellenlängen besteht, niemals sein können, wenn nicht gleichzeitig die Ablenkung der Schwingungsebene überhaupt aufgehoben wird. Ein solches Beispiel vollständiger Achromatisirung bietet eine Rohrzuckerlösung, verbunden mit einer Lösung durch Salzsäure umgewandelten Zuckers; allein mit der

Aufhebung der Dispersion ist überhaupt alles Licht auf die ursprüngliche Schwingungsrichtung zurückgeführt.

Anwendung des polarisirten Lichtes in chemischen Untersuchungen.

Wenn man die Ablenkungen, welche die S. 167 unter dem Beispiele *1* gegebene Lösung von Kampher in Essigsäure dem gelben und rothen Strahle ertheilt, vergleicht mit den Ablenkungen, welche eine Säule von Terpentinöl aus *Pinus maritima* von $150^{mm},9$ Länge (das Oel hatte bei $22^{0},75$ eine Dichte 0,8618) bei 14^{0} Temperatur den nämlichen Strahlen ertheilt, nämlich :

$$a_r = -44^{0},8 \qquad a_g = -56^{0},5$$

so sieht man, dafs bei vereinter Anwendung beider Säulen der rothe Strahl $-44^{0},8 + 40^{0},2 = 4^{0},6$ zur Linken, der gelbe Strahl dagegen $60^{0},5 - 56^{0},5 = 4^{0}$ zur Rechten abgelenkt werden mufs. Sehr nahe dieselben Gröfsen ergab die Beobachtung, und eine genaue Untersuchung der Farbentöne, welche bei der Drehung eines analysirenden Prisma's im ordentlichen und aufserordentlichen Bilde zu sehen war, zeigte, dafs die brechbareren Strahlen sämmtlich zur Rechten und nach der Ordnung ihrer Brechbarkeit in steigendem Mafse abgelenkt waren. Da indessen die Ablenkungen sämmtlich nur gering waren (für die grünen Strahlen z. B. $+ 5^{0}$), so sind die Farbentöne darum alle matt und nähern sich dem Weifs. Die Unterweisung, wie man aus der Natur und Folge dieser Töne auf die Anordnung der Schwingungsebenen in dem noch vorhandenen Rest der Dispersion eines beinahe achromatischen Systems schliefsen kann, bildet keinen geringen Theil der Abhandlung, welche der ehrwürdige, auf diesem Felde unermüdliche Forscher offenbar mit besonderer Vorliebe bearbeitet hat.

Wäre die oben erwähnte Kampherlösung ebenfalls in einer Säule von $150^{mm},5$ Länge angewendet worden, so würden die Ablenkungen $r' = + 30^{0},61$ und $g' = + 46^{0},12$ gewesen sein. Danach betragen die Zerstreuungen :

Bei dem Terpentinöl : $g - r = -56^{0},5 + 44^{0},8 = -11^{0},7$

Bei der Kampherlösung : $g' - r' = 46^{0},12 - 30^{0},61 = + 15^{0},51$

Anwendung des polarisirten Lichtes in chemischen Untersuchungen.

so dafs man nach der Gleichung $l'.15^{\circ},51 - 150^{mm},5.11^{\circ},7 = 0$ berechnet, dafs eine Säule der Kampherlösung von $113^{mm},81$ Länge dazu gehört hätte, die durch das Terpentinöl in einer Schichte von $150^{mm},5$ Dicke gegebene Dispersion aufzuheben. Die resultirende Ablenkung ist dann: $r+r' = -44^{\circ},80+23^{\circ},08 = -21^{\circ},72$; $g+g' = -56^{\circ},50+34^{\circ},78 = -21^{\circ},72$

Biot discutirt noch drei ähnliche Beispiele ausführlich, aus welchen wir die experimentellen Daten, soweit sie Solchen, welche über denselben Gegenstand arbeiten, Interesse bieten können, schon oben (S. 167) mitgetheilt haben.

Die erste und dritte der Versuchsreihen, welche mit den sauren und den alkoholischen Lösungen des Kamphers angestellt worden waren, dienten Biot zur Vergleichung des Achromatismus der gemischten Flüssigkeiten mit demjenigen, welchen die hinter einander getrennt angewendeten Säulen ergeben hatten. Denkt man sich die Lösungen in den genannten vier Fällen in Röhren von gleichem Querschnitt enthalten, so werden die Gewichtsmengen der Kampherlösung p' und des Terpentinöls p, welche sich achromatisiren, sich verhalten, wie die Producte aus den Längen der angewendeten flüssigen Säulen und den Dichten der Flüssigkeiten, es wird also $p' = p \cdot \frac{l'.\delta'}{l.\delta}$ sein. Bezeichnet ε' den Gewichtsantheil krystallisirten Kamphers in der Einheit der Lösung, so ist $\varepsilon'.p' = \varepsilon'.p\,\frac{l'.\delta'}{l.\delta} = c.p$ die Gewichtsmenge Kampher, welche zur Achromatisirung von p Gewichtstheilen Terpentinöl erfordert wird. Die obigen vier Beobachtungsreihen ergeben für c folgende Werthe:

Die sauren Lösungen	0,4903 . p und 0,61355 . p
Die alkoholischen Lösungen	0,5078 . p und 0,5250 . p

Diese Werthe müfsten sämmtlich einander gleich sein, wenn die Kamphermolecüle unverändert in ihre Lösungen in Essigsäure und Alkohol eingingen. Wie man sieht, nimmt aber ihre optische Kraft in den sauren Lösungen mit wachsender Verdünnung rasch ab, während in den alkoholischen

Anwendung des polarisirten Lichtes in chemischen Untersuchungen.

Lösungen die Aenderung nicht bedeutend ist. Zur Vergleichung mit dem Resultat der Rechnung löste Biot in zwei Versuchsreihen 0,5233 und 0,4510 Gewichtstheile krystallisirten Kampher in der Gewichtseinheit Terpentinöl auf, also in Verhältnissen, welche den obigen nahe kommen und darum sehr nahe achromatische Systeme für den rothen und gelben Strahl liefern müssen.

Folgendes sind die Beobachtungsdaten dieser beiden Versuchsreihen :

Gewichtsmenge Kampher in der Einheit der Lösung	0,3435	0,3108
Gewichtsmenge Terpentinöl von der Dichte 0,8618 .	0,6565	0,6892
Verhältnifs beider	0,5233	0,4510
Dichte der Mischung	0,9029	0,9001
Länge der Röhre	198mm	299,5mm
α_r (Roth)	—13°,1	—26°,0
α_g (Gelb)	—13°,4	—27°,0
α_{gr} (Grün)	—12°,2	—28°,0
α_b (Blau)	+	—19°,0
α_v (Violett)	+ +	—12°,0

In der That findet man hier die Ablenkung der Schwingungsebenen des gelben und rothen Strahles beinahe gleich. Für die anderen Strahlen fand sie Biot aus der Farbenfolge bei Drehung des Nikols. Die specifische Rotationskraft für den rothen Strahl ist bei dem Terpentinöl — 33°,05, für den natürlichen Kampher wurde sie aus den sauren Lösungen + 42°,54, aus den alkoholischen + 45°,25 gefunden. Bedeutet nun ε' und ε'' die Gewichtsantheile des Kamphers und Terpentinöls in der Einheit der Lösung, δ die Dichte der Mischung, l die Länge der Säule, so ergiebt sich die Ablenkung des rothen Strahles nach der Formel :

$$\alpha_r = l \,.\, \delta \left\{\varepsilon' \,.\, + 42^\circ,54 - \varepsilon'' \,.\, 33^\circ,05\right\}$$

wenn man mit Biot der aus den sauren Lösungen abgeleiteten specifischen Rotationskraft des Kamphers den Vorzug giebt. Mit Zugrundelegung der aus den obigen beiden Versuchsreihen sich ergebenden Werthe :

Erste Reihe $l = 198^{mm}$; $\delta = 0,9029$; $\varepsilon' = 0,3435$; $\varepsilon'' = 0,6565$
Zweite Reihe $l = 299,5$; $\delta = 0,9001$; $\varepsilon' = 0,3108$; $\varepsilon'' = 0,6892$

Anwendung des polarisirten Lichtes in chemischen Untersuchungen.

hat man folgende Vergleichung zwischen Beobachtung und Rechnung :

	beobachtet	berechnet 1.	berechnet 2. (1)
α_r für das erste System	— 13°,12	— 12°,66	— 13°,59
α_r für das zweite System	— 25°,95	— 25°,77	— 26°,09

Eine sehr bemerkbare Einwirkung zwischen den Molecülen des Kamphers und des Terpentinöls findet offenbar nicht statt.

Um, abgesehen von einer solchen Einwirkung, die Ablenkungen der Schwingungsebene der verschiedenen Farbenstrahlen durch ein System zweier optisch wirksamen Mittel, wie hier von Kampher und Terpentinöl, mit Genauigkeit voraus berechnen zu können, müfsten die Ablenkungen durch die einzelnen Mittel für sich nach einer exacteren Methode bestimmt sein. Man kann sich hierzu der prismatischen Zerlegung des durch den Polarisationsapparat gegangenen Lichtes und insbesondere bei Anwendung von Sonnenlicht der Fraunhofer'schen Linien bedienen. Biot empfiehlt diese Methode dem Eifer jüngerer Physiker (2), und begnügte sich damit, die Ablenkungen der Strahlen zu bestimmen, welche er durch Anwendung homogener Gläser von rother, orangener und grüner Farbe, der Uebergangsfarbe für das gelbe Licht und einer zwischen Parallelplatten eingeschlossenen Schichte einer ammoniakalischen Lösung von kohlens. Kupferoxyd für das violette

(1) Biot nimmt für die spec. Rotationskraft des Terpentinöls für den rothen Strahl — 33°,05 an. Aus den oben S. 171 angeführten Versuchen folgt aber $(\alpha_r) = -$ 34°,45 und man erhält unter Anwendung dieses Werthes sehr abweichende Resultate der Rechnung von der Beobachtung, wenn man die aus der sauren Lösung des Kamphers abgeleitete spec. Rotationskraft als die richtige annimmt. Die weit geringeren Aenderungen des Drehungsvermögens in den alkoholischen Lösungen bei fortschreitender Verdünnung scheinen aber eher dafür zu sprechen, dafs der Werth + 45°,25 den Vorzug verdient. Legt man diesen der Rechnung zu Grunde, so erhält man die oben unter Nr. 2 berechneten Werthe, welche mit der Beobachtung äufserst nahe übereinstimmen. — (2) Diese Methode ist von Broch (Repert. d. Phys. VII, 113) und von Wiedemann (Jahresber. f. 1851, 239) angewendet worden.

Licht erhielt. In der folgenden Tafel entsprechen die beobachteten Werthe einer Terpentinölsäule von 150mm,9 Länge, ferner einer Säule von Kampherlösung (0,2555 Kampher auf 0,7445 Alkohol) von 299mm,1 Länge. Die reducirten Werthe sind so berechnet, dafs die Ablenkung des rothen Strahls durch beide Körper derjenigen durch eine Quarzschichte von 1 Millimeter Dicke gleich gesetzt ist.

Anwendung des polarisirten Lichtes in chemischen Untersuchungen.

	Beobachtete Werthe Terpentinöl	Beobachtete Werthe Kampher	Quarzschichte von 1 Millim. Dicke	Reducirte Werthe Terpentinöl	Reducirte Werthe Kampher
α_r	— 40°,15	+ 22°	18°,98	— 18°,99	18°,98
α_o		+ 28°	21°,39		24°,16
α_g	— 51°,0	+ 33°	24°,00	— 24°,11	28°,48
α_{gr}	— 57°,0	+ 39°	27°,86	— 26°,95	33°,65
α_b		+ 57°	32°,31		49°,19
α_v	— 87°,1	+ 79°	40°,88	— 41°,18	67°,31

Es ist nicht uninteressant, mit Hülfe dieser Werthe die Ablenkungen, welche in den oben erwähnten zwei Systemen von Kampher und Terpentinöl die Beobachtung gab, durch die Rechnung zu controliren. Man erhält folgende Vergleichung :

	Erstes System beobachtet	Erstes System berechnet	Zweites System beobachtet	Zweites System berechnet
α_r	— 13°,1	— 12°,66	— 26°	— 25°,8
α_o		— 10°,45		— 23°,5
α_g	— 13°,4	— 9°,83	— 27°	— 23°,8
α_{gr}	— 12°,2	— 10°,61	— 28°	— 26°,5
α_b	+	+ 1°,70	— 19°	— 11°,7
α_v	+ +	+ 9°,47	— 12°	— 5°,0

Die Uebereinstimmung zwischen Beobachtung und Rechnung wäre ohne Zweifel noch gröfser ausgefallen, wenn die berechneten Zahlen nicht als Differenzen von Beobachtungsresultaten gefunden wären, in welchen sich im ungünstigen Falle die Fehler summiren.

Beziehungen zwischen dem optischen, chemischen und krystallographischen Verhalten der Körper.

Pasteur (1), unablässig beschäftigt mit der Erforschung der Beziehungen zwischen dem optischen Verhalten der Körper einerseits und ihren chemischen und kry-

(1) Compt. rend. XXXV, 176; im Ausz. Ann. Ch. Pharm. LXXXIV, 157; J. pr. Chem. LVIII, 1; Pharm. Centr. 1852, 785.

Beziehungen zwischen dem optischen, chemischen und krystallographischen Verhalten der Körper.

stallographischen Eigenschaften andererseits, hat Mittel gefunden, einige derjenigen Körper, welche die Schwingungsebene des Lichtes drehen und seither nur in holoëdrischer Krystallform bekannt waren, durch Versetzen unter besondere Umstände in nicht congruenten hemiëdrischen Formen krystallisiren zu lassen. Er sagt, dafs ihm diefs in allen Fällen gelungen sei, welche er untersucht habe; vorerst hebt er die vier folgenden Beispiele hervor : Der saure äpfels. Kalk krystallisirt aus reinem Wasser stets holoëdrisch; aus Salpetersäure dagegen mit vier Flächen, welche einem unregelmäfsigen Tetraëder angehören. Ist die Säure bis zu einem gewissen Grade concentrirt, so verdrängen die hemiëdrischen Flächen beinahe gänzlich die gewöhnlichen holoëdrischen Krystallflächen. — Das saure äpfels. Ammoniak, welches aus reinem Wasser oder aus Salpetersäure niemals hemiëdrisch krystallisirt, nimmt diesen Character an, wenn man es bis zum Schmelzen und zur anfangenden Zersetzung erhitzt und dann von Neuem krystallisirt. Die Einwirkung der Hitze giebt zur Entstehung einiger Körper in geringer Menge Veranlassung, deren Gegenwart dann die Entwickelung hemiëdrischer Flächen hervorruft. — Ein noch deutlicher ausgesprochenes analoges Resultat giebt das Tartramid, welches aus reinem Wasser fast niemals hemiëdrisch krystallisirt. Es entstehen sehr deutlich entwickelte hemiëdrische Flächen, wenn man dem aus heifser Lösung krystallisirenden Salze einige Tropfen Ammoniak zusetzt. — Das saure weins. Ammoniak endlich krystallisirt vollständig hemiëdrisch aus einer mit saurem weins. Natron versetzten Lösung.

Pasteur hat aufserdem bei den folgenden optisch wirksamen Körpern den Character der nicht congruenten Hemiëdrie aufgefunden : bei den Amiden der rechts- und linksdrehenden Weinsäure, den Aminsäuren, welche sich von diesen beiden Säuren ableiten, dem valerians. Morphin, dem rechtsdrehend-weins. Cinchonin, und dem salzs. Papaverin. Die gewöhnlichen Krystallflächen der genannten

Körper erhalten nach Pasteur sehr einfache Bezeichnungen, wenn man die hemiëdrische Form als Grundform annimmt.

Beziehungen zwischen dem optischen, chemischen und krystallographischen Verhalten der Körper.

In dem zweiten Theile seiner Arbeit geht Pasteur davon aus, dafs die rechts- und die linksdrehende Weinsäure, aufser dem Sinne ihrer hemiëdrischen Ausbildung und der Drehung der Schwingungsebene des Lichtes, nicht die mindeste Verschiedenheit in chemischer oder physikalischer Beziehung darbieten, dafs sie vielmehr für sich oder in den von ihnen abgeleiteten Körpern eine Uebereinstimmung bis zu den minutiösesten Umständen zeigen. Allein diese Uebereinstimmung ist nur vorhanden, so lange die beiden Säuren nur mit optisch unwirksamen Substanzen verbunden sind. Ihre entsprechenden Verbindungen mit optisch wirksamen Körpern zeigen weder gleiche Zusammensetzung, noch gleiche Löslichkeit; sie verhalten sich ungleich in erhöhter Temperatur. Ja in manchen Fällen geht die eine Säure eine Verbindung ein, welche sich mit der andern nicht herstellen läfst. So verbindet sich z. B. das rechtsdrehende saure weins. Ammoniak nach gleichen Aequivalenten mit dem optisch wirksamen sauren äpfels. Ammoniak, das linksdrehende weins. Salz geht eine solche Verbindung mit dem äpfels. Salze nicht ein. — Das Amid der rechts- und das der linksdrehenden Weinsäure verbinden sich beide mit dem optisch wirksamen Amid der gewöhnlichen Aepfelsäure. Die Verbindungen haben gleiche Zusammensetzung, aber ungleiche Krystallform und Löslichkeit; die Verbindung des links-weins. Salzes ist weit löslicher. — Das Asparagin bildet mit der Rechtsweinsäure eine schön krystallisirende Verbindung, mit der Linksweinsäure dagegen nur eine syrupartige, nicht krystallisirende Flüssigkeit.

Diese Beziehungen beschränken sich keineswegs auf die Verbindungen der Weinsäure und Aepfelsäure. Acht Verbindungen der Rechtsweinsäure mit organischen Alkalien, verglichen mit den acht entsprechenden Verbindungen der Linksweinsäure, führten zu ganz denselben Unterschieden. So enthält z. B. das neutrale rechtsweins. Cinchonin

Beziehungen zwischen dem optischen, chemischen und krystallographischen Verhalten der Körper.

8 Aequivalente Wasser, das linksweins. Salz enthält deren nur zwei. Ersteres löst sich leicht in absolutem Alkohol, letzteres nur äufserst wenig. Ersteres verliert sein Wasser und beginnt sich zu färben bei einer Temperatur von 100°; letzteres verliert sein Krystallwasser auch bei 100° und ist von da ab mit dem rechtsweins. Salze gleich zusammengesetzt; dennoch kann es eine Temperatur von 140° ertragen, ohne sich zu färben. Pasteur untersuchte aufserdem noch die weins. Salze des Chinins, Brucins und Strychnins. Nur zweimal, bei dem weins. Strychnin und bei dem weins. Chinin, traf er dieselbe Menge von Krystallisationswasser bei den entsprechenden Verbindungen an; allein diese hielten das Wasser mit sehr ungleicher Energie zurück; Krystallform und Löslichkeit waren verschieden, wie in der Abhandlung mit weiterem Detail ausgeführt wird.

Betrachtet man die gedachten Verbindungen bezüglich ihrer Einwirkung auf das polarisirte Licht, so findet man, dafs das Rotationsvermögen der Rechts- und der Linksweinsäure, z. B. durch Verbindung mit einem optisch unwirksamen Körper, wie z. B. dem Kali, in ganz gleicher Weise geändert wird, während die Verbindung mit einer optisch wirksamen Substanz, wie z. B. mit dem Cinchonin, die optische Kraft der einen Säure erhöht, die der andern vermindert. Bei letzterer kann sogar eine Umkehrung im Sinne der optischen Drehung eintreten, wenn die Wirkung des hinzutretenden Körpers überwiegt.

Pasteur glaubt, dafs die bis jetzt gewonnenen Gesichtspunkte einer grofsen Verallgemeinerung fähig seien, dafs jeder rechtsdrehenden Substanz eine isomere linksdrehende und zugleich entgegengesetzt hemiëdrisch krystallisirende entspreche, dafs ferner zu jedem optisch wirksamen Körper ein isomerer optisch unwirksamer zu finden sein müsse. In letzterer Beziehung verspricht der genannte Forscher demnächst eine grofse Zahl von Beispielen, welche ihm darzustellen gelungen ist, beizubringen. Einst-

weilen führt er an, dafs er die dem Chinin und Cinchonin isomeren optisch unwirksamen Verbindungen erhalten habe. — Von diesen Gesichtspunkten ausgehend, müfsten zwischen zwei unter diese Betrachtungen fallenden Substanzen, wie z. B. zwischen Weinsäure und Cinchonin, die folgenden neun Verbindungen möglich sein :

Beziehungen zwischen dem optischen, chemischen und krystallographischen Verhalten der Körper.

1) $T_r Ci_r$	4) $T_0 Ci_r$	7) $T_l Ci_r$
2) $T_r Ci_l$	5) $T_0 Ci_l$	8) $T_l Ci_l$
3) $T_r Ci_0$	6) $T_0 Ci_0$	9) $T_l Ci_0$

Zum Schlusse seiner Arbeit bemerkt Pasteur, dafs es nach den mitgetheilten Erfahrungen keineswegs nöthig sei, eine Substanz im Polarisationsapparat zu untersuchen, um zu finden, ob sie optisch wirksam sei. Es sei genügend, auszumitteln, ob die Substanz sich gegen zwei isomere entgegengesetzt drehende Körper in jeder Beziehung gleich verhalte. Namentlich bei färbenden Substanzen von geringer optischer Wirkung wird dieses Auskunftsmittel willkommen sein. Man braucht nur zu prüfen, ob der färbende Körper in gleichem Mafse in der Rechts- und Linksweinsäure, oder in ihren entsprechenden Salzen, Aetherarten oder Amiden löslich ist. Die geringste Verschiedenheit in dieser Beziehung erlaubt, nach Pasteur, in aller Strenge auf das Vorhandensein eines optischen Drehungsvermögens zu schliefsen.

Optische Wirkung des Populins und des Salicins.

Biot und Pasteur (1) haben natürliches Populin und Salicin, ferner Salicin, welches von Piria aus Populin dargestellt worden war, der optischen Probe unterworfen. Alle drei Substanzen zeigten, als man sie unter dem Polarisationsmikroscop krystallisiren liefs, doppelbrechende Eigenschaften; das natürliche und das künstliche Salicin krystallisirte in vollkommen gleicher Weise. Eine wässerige Lösung des künstlichen Salicins (0,0278 Thl. Salicin auf 0,9722 Wasser) von der Dichte 1,00848 drehte in einer 517^{mm} langen Säule die Schwingungsrichtung des gelben Strahls um

(1) Compt. rend. XXXIV, 606; Instit. 1852, 129.

Optische Wirkung des Populins und des Salicins.

10°,376 zur Linken, während aus Bouchardat's Versuchen mit dem natürlichen Salicin für die gleichen Verhältnisse eine Drehung von 10°,3 sich berechnet; die beiden Substanzen verhalten sich demnach auch in dieser Beziehung vollkommen gleich. — Die Drehung der Schwingungsrichtung durch das Populin, welche wegen der äufserst geringen Löslichkeit dieser Substanz in Alkohol nur schwer zu ermitteln war, wurde zu etwa 1°,25 zur Linken für den gelben Strahl gefunden, bei 0,01 Populin in der Gewichtseinheit der Lösung und einer Säule von 514^{mm} Länge. Etwa gerade so grofs (— 2°) berechnet sich die Wirkung des Populins, wenn man die krystallisirte Substanz als aus krystallisirtem Salicin, krystallisirter Benzoësäure und zwei Atomen Wasser bestehend ansieht und annimmt, dafs die drehende Wirkung allein auf Rechnung des Gehaltes an Salicin zu setzen sei (vgl. hierüber den Bericht über organische Chemie).

Apparate. Phantascop.

Plateau (1) giebt eine ausführliche Exegese einer Stelle des Lucrez, welche Sinsteden (2) citirt hatte, um darzuthun, dafs darin schon die Beschreibung des Phantascops enthalten sei. Plateau sucht nachzuweisen, dafs er mit seiner Erfindung keineswegs ein schon im alten Rom gekanntes und gebrauchtes Instrument wieder ins Leben gerufen habe. — Emsmann (3) giebt Anleitung zur Construction von Anamorphosen in geraden und schiefen Kegelspiegeln, wenn das Auge seine Stelle in der verlängerten Axe des Kegels einnimmt. — Die schon im vorjährigen Berichte (4) erwähnte Methode von Rosse, Silberspiegel von hoher Politur anzufertigen, ist nun in ausführlicherer Darstellung (5) erschienen. — Piazzi Smyth (6) hat verschiedene Anordnungen angegeben, welche die An-

Anamorphosen.

Silberspiegel.

Spiegelsextant.

(1) Arch. phys. nat. XX, 300. — (2) Jahresber. f. 1851, 201. — (3) Pogg. Ann. LXXXV, 99. — (4) Jahresber. f. 1851, 181. — (5) Report of the 21. Brit. Assoc. Not. and abstr. 12. — (6) Phil. Mag. [4] III, 71.

wendung des Spiegelsextanten zur See und zu Land erleichtern sollen. Die meisten derselben, wie z. B. die Anwendung von Metallspiegeln am Sextanten selbst, sowie, mit einer Libelle versehen, als Horizonte, sind keineswegs neu.

Linsen der Camera obscura.

Brewster (1) hat zu erörtern gesucht, dafs die unrichtige Perspective der photographischen Bilder durch die grofse Oeffnung der angewendeten Linsengläser bedingt sei; diese Oeffnung dürfe nicht gröfser als die Pupille sein, wenn man vollkommen richtige Perspective erhalten wolle. Wir müssen gestehen, dafs es uns nicht gelungen ist, aus dieser Erörterung zu entnehmen, in wie fern das Gesichtsfeld und die richtige Perspective der Bilder von dem Oeffnungsdurchmesser der Objective abhängig ist.

Achromatisches Ocular.

Secrétan (2) theilt der französischen Academie mit, dafs die Vorzüge der achromatischen Oculare eines Künstlers in Wetzlar, dessen Namen und Arbeiten er nicht kenne (3), darin bestehen, dafs die Linsen des Oculars, welche die Lichtbüschel weit von ihrer Durchkreuzungsstelle, also mit bedeutender Oeffnung durchdringen, frei von chromatischer und sphärischer Abweichung seien, und dafs die Krümmungen in solchem Sinne gekehrt seien, dafs die Axenstrahlen der äufsersten Lichtbüschel möglichst unter normaler Incidenz auftreffen.

Mikroscope.

Ch. A. Spencer (4) in Canastota (New-York), welcher durch seine vorzüglichen Mikroscope sich einen hohen Ruf als Künstler erworben hat, giebt einen Bericht über die allmälige Entwickelung seiner Vervollkommnungen jenes Instruments und über den Antheil, welchen die Arbeiten

(1) Instit. 1852, 313. — (2) Compt. rend. XXXV, 943. — (3) Es ist bemerkenswerth, dafs Secrétan den Namen Kellner's nicht ermitteln konnte, eines Künstlers, welcher eine eigene Schrift über seine werthvolle Erfindung der achromatischen Oculare verfafste und dessen Arbeiten, namentlich dessen Mikroscope, die Leistungen der ersten französischen Optiker bereits übertroffen haben. — (4) Sill. Am. J. [2] XIII, 290; Arch. phys. nat. XX, 229.

Mikroscope. Anderer daran genommen. Insbesondere hebt Spencer hervor, dafs zur Zeit, als er seine Arbeiten begann, die besten Künstler keine gröfsere Oeffnung der Objective als 75° (von dem Brennpunkt als Mittelpunkt aus gemessen) zu erzielen wufsten, dafs nach Rofs man seit 1844 als nicht überschreitbare Grenze 135° betrachtet habe, dafs es ihm aber gelungen sei, Objective mit 170° Oeffnung darzustellen, ohne allzu kurze Focaldistanzen anzuwenden. — A. S. Johnson (1) hat die Oeffnung eines neuen Spencer'schen Objectivs zu 174°,5 bestimmt. Wir müssen gestehen, nicht einsehen zu können, was bei der üblichen Art der Beleuchtung und bei den zusammengesetzten Objectivsystemen diese grofsen Oeffnungen bedeuten können.

Bergin (2), von der Ansicht ausgehend, dafs die Deutlichkeit der Bilder im zusammengesetzten Mikroscop dadurch bedingt sei, dafs nur vom Objecte ausgehende Strahlen ins Auge gelangen, hat, um das übrige von dem Beleuchtungsspiegel durch das Objectiv dringende Licht zu entfernen, einen besonderen Linsenapparat zur Beleuchtung der Objecte angewendet, mit Hülfe dessen die am Objecte vorbeigehenden Strahlen vollkommen parallel ins Objectivglas gelangen und, indem sie dicht hinter demselben einen Brennpunkt bilden, und von da aus stark divergiren, wider die absorbirende Wand der Mikroscopröhre geleitet werden, so dafs sie nur zum kleinen Theil ins Auge fallen können.

Lawrence Smith (3) beschreibt eine von ihm erfundene neue Mikroscopconstruction unter dem Namen »umgekehrtes Mikroscop«, welches ein Pariser Künstler, Nachet, unter seinem Namen auf der Londoner Industrieausstellung producirt haben soll. — Smith empfand das Bedürfnifs, ein Mikroscop zur Beobachtung chemischer

(1) Sill. Am J. [2] XIII, 31. — (2) Proc. of the Roy. Irish Acad. for the year 1851 and 1852, V, Part II, 313. — (3) Sill. Am. J. [2] XIV, 233.

Operationen in der Art brauchbar zu machen, dafs die Objecte oberhalb der Objectivgläser aufgestellt werden, damit Reagentien mit Leichtigkeit angewendet werden und die Dämpfe weder den Objectivgläsern schaden, noch dieselben verdüstern können. Wir müssen bezüglich der näheren Beschreibung des Mikroscops, der Beleuchtung und der Art zu operiren, auf die Abhandlung verweisen, welcher eine sehr deutliche Figur beigegeben ist, und bemerken nur, dafs die Objectivröhre unterhalb der Tischplatte mit verticaler Axe aufgestellt ist, und ein vierseitiges Reflexionsprisma mit den Winkeln von 55°; 107°,5; 52°,5; und 145° die Strahlenbüschel so ablenkt, dafs die Axe der Ocularröhre unter 35° gegen die Verticale geneigt angebracht werden kann. Smith verbreitet sich ausführlich über die Vorzüge seines Instrumentes, welche sich nicht nur für chemische Operationen, sondern auch in allen anderen Gebieten mikroscopischer Beobachtungen bewähren sollen. — Er beschreibt ferner noch ein von ihm erfundenes Ocularmikrometer, welches durch eine seitliche Oeffnung der Ocularröhre eingeschoben wird, und seine Theilung rechtwinklig gegen die Richtung der Verschiebung enthält, so dafs man sie leicht über das Object schieben oder von demselben wegrücken kann. — Endlich giebt Smith noch die Beschreibung eines mit dem Mikroscope verbundenen Goniometers (1). Die Röhre, welche den Körper des Mikroscopes bildet, besteht aus zwei, theilweise über einander geschobenen Theilen; der eine ist aufsen mit einer Kreistheilung verbunden, der andere trägt einen Index. Ein Strich des Ocularmikrometers dient zur Einstellung auf den einen und andern Schenkel des zu messenden, ebenen Winkels. Mikroscope.

Ch. Brooke (2) hat die Beschreibung eines neuen Beleuchtungssystems, sowie einer von ihm erfundenen Einrichtung, um die anatomischen Arbeiten und das Zeichnen unter dem Mikroscop zu erleichtern, mitgetheilt.

(1) Vergl. Jahresber. f. 1847 u. 1848, 27 f. — (2) Report of the 21. Brit. Assoc. Not. and abstr. 7.

Mikroscope.

Oertling (1) hat Loupen mit drehbaren Reversionsprismen verbunden, um die Gegenstände beliebig in jeder Lage betrachten zu können, ohne sie selbst zu verschieben.

Brewster (2) giebt einen Bericht über die optischen Eigenschaften einer unter den Ruinen von Ninive aufgefundenen Bergkrystalllinse.

Meteorologische Optik. Die kleinen Höfe.

Verdet (3) hat eine analytische Behandlung des Phänomens der kleinen Höfe gegeben. Er macht darauf aufmerksam, dafs man keineswegs die Erscheinungen ohne Weiteres unter die Klasse derjenigen einreihen könne, welche gekreuzte Gitter darbieten. Die Vertheilung der Dampfbläschen oder, bei künstlicher Nachahmung des Phänomens, der Lycopodiumtheilchen, könne nicht von der Regelmäfsigkeit wie die Anordnung eines Gitters gedacht werden, und zudem habe Fraunhofer die Durchmesser der Ringe nicht umgekehrt proportional der Summe aus der Breite des undurchsichtigen Theilchens und des Zwischenraums gefunden, wie es die Theorie der Gittererscheinungen verlange, sondern einfach im umgekehrten Verhältnifs des Durchmessers der undurchsichtigen kreisförmigen Scheibchen, welche jener Physiker zwischen zwei Glasplatten vor dem Objectivglase des Fernrohrs einschaltete. Verdet geht bei seinen Entwickelungen von einem Gedanken aus, welcher, in seiner ersten Anlage von Babinet herrührend, von diesem nicht in ganz richtiger Weise auf das Phänomen der Höfe angewendet worden war. Er bemerkt, dafs wenn eine ebene Lichtwelle durch eine sehr grofse Oeffnung eindringe, sie einen merklichen Lichteffect nur in zu ihr selbst normaler Richtung forttrage. Bringe man in der Oeffnung eine grofse Zahl ganz gleicher, aber ungleich vertheilter undurchsichtiger Scheibchen von kreisrunder Form an, so rufe man dadurch eine merkliche Lichtverbreitung auch in andern Richtungen hervor; da aber dieses Licht vorher

(1) Dingl. pol. J. CXXVI, 311. — (2) Instit. 1852, 314. — (3) Ann. ch. phys. [3] XXXIV, 129.

durch dasjenige, was durch die nun von den Scheibchen eingenommenen Räume in gleicher Richtung fortging, aufgehoben war, so kann man seine Intensität derjenigen gleichsetzen, welches Oeffnungen von der Gestalt und Gröfse der Scheibchen in einem undurchsichtigen Schirme durchlassen würden; nur dem Sinne der Bewegung nach sind die Oscillationen, welche diese Lichtmenge formiren, von denen verschieden, welche in die erstere Lichtmasse eingehen. Die Vibrationsgeschwindigkeit eines Strahls, welchen eine kreisförmige Oeffnung nach irgend einer Richtung entsendet, ist eine Function des Winkels φ, welchen diese Richtung mit der Normalen bildet, und kann daher durch $F(\varphi) \,.\, \sin 2\pi \frac{t}{T}$ (1) dargestellt werden. Die von einer zweiten kreisförmigen Oeffnung in gleicher Richtung fortgehenden Strahlen unterscheiden sich allein durch einen gewissen Gangunterschied δ_1, so dafs ihre resultirende Geschwindigkeit gegeben ist durch $F(\varphi) \,.\, \sin 2\pi\left(\frac{t}{T} - \frac{\delta_1}{\lambda}\right)$. Man findet leicht, dafs die Intensität des nach einer bestimmten Richtung durch n Oeffnungen fortgegangenen Lichtes ausgedrückt ist durch

Die kleinen Höfe.

$$
\begin{aligned}
(F(\varphi))^2 \Big\{ & n + 2\cos 2\pi \frac{\delta_1}{\lambda} + 2\cos 2\pi \frac{\delta_2}{\lambda} + \ldots \\
& + 2\cos 2\pi \frac{\delta_1 - \delta_2}{\lambda} + 2\cos 2\pi \frac{\delta_1 - \delta_3}{\lambda} + \ldots \\
& + 2\cos 2\pi \frac{\delta_2 - \delta_3}{\lambda} + 2\cos 2\pi \frac{\delta_2 - \delta_4}{\lambda} + \ldots \\
& + \ldots \Big\}
\end{aligned}
$$

(1) Verdet führt an, dafs die Function $F(\varphi)$ eine transcendente sei und man in Knochenhauer's Undulationstheorie des Lichtes (p. 23) eine Reihe, in Schwerd's Beugungserscheinungen eine Tafel der Zahlenwerthe dieser Function finde. Unsere im vorjähr. Berichte (S. 151) angedeutete Ansicht, dafs Verdet die Schwerd'schen Entwicklungen nicht gekannt habe, ist hierdurch widerlegt. Um so weniger ist ersichtlich, warum er die im gedachten Berichte besprochenen analytischen Entwicklungen, deren Resultate in dem Schwerd'schen Werke enthalten sind, unternommen.

Die kleinen Höfe.

und wenn n sehr grofs ist, werden δ_1, δ_2, $\delta_1 - \delta_2$, . . sehr viel verschiedene Werthe annehmen, so dafs die Cosinusse ebenfalls sehr viel verschiedene, unregelmäfsig zwischen $+1$ und -1 vertheilte Werthe erhalten. Bei sehr grofsem n fällt die Summe aller Cosinusglieder jedenfalls klein genug aus, um gegen n vernachlässigt werden zu können. Der Intensitätsausdruck reducirt sich auf $n\,(F(\varphi))^2$ und die Erscheinung demnach auf diejenige durch Eine kreisförmige Oeffnung, nur mit der nfachen Intensität.

Verdet bemerkt weiter, dafs die Resultate seiner Messungen der Durchmesser homogen rother Ringe an künstlich erzeugten Höfen auf das Genaueste mit der Theorie übereinstimmten und die Fraunhofer'schen Messungen nur darum eine solche Uebereinstimmung nicht ergeben hätten, weil dieser Physiker die Durchmesser der rothen Streifen in den von weifsem Lichte erzeugten Höfen gemessen und diese Streifen zwar den kleinsten Lichtstärken des weifsen Lichtes, nicht aber den Stellen gröfster Intensität des homogen rothen Lichtes entsprechen, und in der That würden den kleinsten Lichtstärken des weifsen Lichtes von der Theorie gerade die Stellen angewiesen, welche die Fraunhofer'schen Messungen bezeichnet haben. Ein ähnlicher Irrthum wird Fraunhofer von Verdet bezüglich der Auslegung seiner Beobachtungen über die Beugungserscheinungen durch enge, geradelinig begrenzte Oeffnungen zur Last gelegt.

Das oben zu Grunde gelegte Raisonnement ist nach Verdet auch anwendbar auf die Ausmittelung der Beugungserscheinungen, welche durch gleich dicke, parallel aber in ungleichen Zwischenräumen ausgespannte Fäden erzeugt werden, so dafs man also Fransen beobachten mufs, deren Breite sich umgekehrt wie der Durchmesser der Fäden verhält. Uebrigens warnt Verdet vor der Anwendung ähnlicher Entwickelungen auf den Fall, dafs nur Ein undurchsichtiger Körper oder dafs nur wenige in den Weg des Lichtes treten.

Farbiges Licht der Gestirne.

Doppler (1) theilt mit, dafs der Astronom Benedetto Sestini die in Rom vorgenommene Bestimmung der Farben der einfachen Fixsterne, sowie der Doppelsterne (2), an seinem neuen Aufenthaltsorte, Georgetown College in Amerika, mit gröfster Beharrlichkeit wiederholt und weiter ausgedehnt habe. Mit wenigen Ausnahmen habe die Farbenbestimmung der einfachen Fixsterne zu den nämlichen Resultaten geführt wie früher, trotz der Schwierigkeit der Arbeit und der Verschiedenheit im Zustand der Atmosphäre. Bei den Doppelsternen dagegen will Sestini beinahe durchgängig eine im Laufe nur weniger Jahre eingetretene Farbenänderung bemerkt haben. — Schliefslich giebt Doppler ein Verzeichnifs der ganzen auf die Farbenänderung der Doppelsterne bezüglichen Literatur.

Helligkeit der Mondscheibe.

Nach Seidel's (3) photometrischen Bestimmungen ist die Weifse des Mondes 3mal kleiner als die des Mars, also, da dieser Planet $1/11$ des auffallenden Lichtes zurückwirft, absolut genommen noch nicht $1/30$; und es mufs danach die Mondfläche, in der Nähe betrachtet, sehr dunkel erscheinen. Es ist diefs den seither angenommenen Ansichten entgegen; da der Mond nach Wollaston's Messungen $1/8$, nach Lambert's genauerer Formel doch wenigstens $1/11$ des auffallenden Lichtes reflectiren sollte.

Lichterscheinungen in der Atmosphäre.

Feilitzsch (4) hat eine Zusammenstellung der Hauptresultate seiner schon im vorjährigen Berichte erwähnten Schrift über die optischen Phänomene während totaler Sonnenfinsternifs gegeben; es sind die Erscheinung des Strahlenkranzes, sowie der rothen Hervorragungen, welche bei totalen Sonnenfinsternissen beobachtet werden, als Interferenzphänomene erklärt. — Rankine (5) hat an den

(1) Pogg. Ann. LXXXV, 371; Wien. Acad. Ber. VIII, 91. — (2) Vgl. Jahresber. f. 1847 u. 1848, 159; f. 1849, 89; f. 1850, 191. — (3) Verhandl. d. Kön. Baier. Acad. d. Wissensch., Mathem. Classe, VI, 641. — (4) Instit. 1852, 10. — (5) Phil. Mag. [4] IV, 452; Arch. ph. nat. XXI, 316; Pogg. Ann. Ergänzungsband III, 632.

Lichterscheinungen in der Atmosphäre.

Strahlen des Nordlichts keine Spur von Polarisation auffinden können, was gegen die Annahme spricht, dafs dieses Licht von Eiskrystallen reflectirt sei. — Ausführliche Beobachtungen über die Lage des Zodiakallichts und seinen Zusammenhang mit dem Sonnensystem sind von Olmsted (1) und von Birt (2) mitgetheilt worden. Coulston (3) beschreibt leuchtende Säulen, welche er im April 1852 auf einer der Orkneyinseln beobachtet hat. — Interessante Luftspiegelungen sind von Andraud (4) bei Strafsburg und von Blondat (5) in Paris beobachtet worden. M'Farland (6) giebt eine ausführliche Beschreibung der an der Küste von Irland beobachteten Luftspiegelungen. — Von Beer (7) ist die Beschreibung eines ungewöhnlichen Regenbogens mitgetheilt worden. J. K. Watts (8) und Grunert (9) beschreiben von ihnen beobachtete Mondregenbogen. Der letztere Beobachter nahm prismatische Farben und einen Nebenbogen wahr. — Powell (10) hat seinen ausführlichen Bericht über die Lichtmeteore fortgesetzt.

Physiologische Optik. Theorie des Sehens.

Valée (11) hat seine Untersuchungen über die Theorie des Sehens (12) in einer 9., 10., 11., 12. und 13. Abhandlung fortgesetzt. Wir haben, ungeachtet des günstigen Berichtes, welchen Faye (13) über die 7. und 8. Abhandlung erstattet hat, eben so wenig Veranlassung, wie früher, näher auf diese Untersuchungen einzugehen. Nur einen Umstand wollen wir erwähnen, dafs Valée dem Schwan, dem Pferd, überhaupt den Thieren, welche auf der Seite sehen, zwei Sehaxen in jedem Auge vindicirt,

(1) Instit. 1852, 118. — (2) Instit. 1852, 313. — (3) Phil. Mag. [4] III, 478; Arch. ph. nat. XX, 228. — (4) Compt. rend. XXXV, 146; Instit. 1852, 239. — (5) Compt. rend. XXXV, 102; Instit. 1852, 231. — (6) Instit. 1852, 322. — (7) Pogg. Ann. LXXXVI, 484. — (8) Report of the 21. Brit. Assoc. Not. and abstr. 41. — (9) Astronom. Nachrichten 1852, Nr. 826, S. 155. — (10) Report of the 21. Brit. Assoc. 1. — (11) Compt. rend. XXXIV, 321. 718. 720. 789; XXXV, 679. — (12) Vgl. Jahresber. f. 1847 u. 1848, 213. 214; f. 1850, 184; f. 1851, 187. — (13) Compt. rend. XXXIV, 872.

eine für das seitliche einaugige und eine zweite für das nach Vorn gerichtete binoculare Sehen. Der ersteren Axe bedienen sich die Thiere nach Valée's Ansicht beim Sehen in die Ferne, der letzteren beim Sehen in die Nähe; die Anpassungsfähigkeit soll dagegen bei diesen Thieren in weit engere Grenzen eingeschlossen sein, als bei dem Menschen. Die meisten Ansichten Valée's über die Brechungsverhältnisse der Linse, der Glasfeuchtigkeit u. s. w. erscheinen vom gewöhnlichen Standpunkt aus etwas abentheuerlich. Theorie des Sehens.

Forbes (1) hat mit Zugrundelegung der von Treviranus angegebenen, sowie der von Krause gefundenen Dimensionen des menschlichen Auges, und mit Anwendung der von Brewster gemessenen Brechungscoëfficienten der durchsichtigen Augenmedien, den Gang der Lichtstrahlen im Auge berechnet. Er findet, dafs danach die Brennpunkte paralleler oder aus 10 Zoll Entfernung kommender Strahlen 0,23 oder 0,30 Zoll hinter die Netzhaut fallen. Er glaubt, dafs die nach Innen an Form und Brechkraft eintretende Aenderung der Schichte der Krystalllinse diese Abweichung der Rechnung von dem Zustande, wie ihn das deutliche Sehen als wirklich vorhanden erkennen läfst, erklären könne. Sind n, n′ und n″ die Brechungscoëfficienten der wässerigen Feuchtigkeit, der Linsensubstanz und der Glasfeuchtigkeit, f der Abstand des Brennpunkts von dem Scheitel der Hornhaut, sind dn, dn′, dn″, df die Aenderungen in diesen Werthen für die äufsersten Strahlen des Spectrums, so müssen für vollkommen achromatische Bilder folgende Gleichungen befriedigt sein : Gang der Lichtstrahlen im Auge.

$$df = 1{,}579 \,.\, dn + 1{,}150 \,.\, dn' - 2{,}788 \,.\, dn''$$
$$df = 1{,}873 \,.\, dn + 1{,}402 \,.\, dn' - 3{,}298 \,.\, dn''$$

je nachdem die Strahlen aus dem Unendlichen oder aus 10 Zoll Entfernung kommend gedacht werden. Beide Glei-

(1) Sill. Am. J. [2] XIII, 413 aus den Proc. of the Edinb. Roy. Soc. 1849, p. 251.

chungen können aber gleichzeitig befriedigt, das Auge kann also vermittelst dreier brechenden Medien achromatisch sein.

Irradiation und verwandte Erscheinungen.

Die Erscheinungen aus dem Gebiete der Irradiation sind Gegenstand mannichfacher Discussion geworden. Vor Allem haben wir einer Schrift Welcker's (1) zu gedenken, in welcher der Verfasser in gründlicher und scharfsinniger Weise darthut, dafs die meisten, wenn nicht sämmtliche von Plateau beschriebenen Irradiationserscheinungen aus den Zerstreuungskreisen zu erklären sind, welche von hellen, diesseits oder jenseits der deutlichen Sehweite aufgestellten Objecten nothwendig gebildet werden, und dafs es somit der Hypothese einer sympathetischen Mitwirkung angrenzender Netzhautstellen nicht bedarf.

Es leuchtet ein, wie schwierig es bei der subjectiven Beobachtungsart ist, zu beweisen, dafs in der deutlichen Sehweite selbst die Irradiation nicht existirt. Welcker erklärt sie für ein Kunstproduct und giebt die Ursachen an, durch welche eine Täuschung in dieser Beziehung leicht entstehe. Insbesondere hebt er hervor, dafs die Accommodation bei längerem Betrachten des Objectes durch Ermüdung der Willkür entzogen werde. Er sagt: »Befindet sich ein Irradiationsobject dem Auge etwas zu nahe, so entsteht Irradiation, weil das Auge in diesem Falle wie ein *weitsichtiges* wirkt. Indem dasselbe aber allmälig ermüdet und kurzsichtiger wird, tritt das Object hierdurch in die deutliche Sehweite. Bei längerer Andauer der Beobachtung und steigender Ermüdung tritt wiederum Irradiation ein, indem das Auge für die Entfernung des Objectes nun *kurzsichtig* ist.« Der Verfasser bemerkt weiter, dafs bei Annahme einer sympathetischen Irradiation es unmöglich sei, einzusehen, warum jenseits der deutlichen Sehweite ihr Einflufs mit zunehmender, diesseits derselben aber mit ab-

(1) Ueber Irradiation und einige andere Erscheinungen des Sehens, Giefsen, 1852.

nehmender Entfernung wachse. Auch die von dem Verfasser sogenannte farbmischende Irradiation, wie man sie z. B. als violette Zone an der Grenze eines blauen und rothen Bildes beobachtet, würde nach des Verfassers Meinung nicht ohne willkürliche Hülfshypothesen auf den Grund der Annahme sympathetischer Nervenwirkung sich erklären lassen. Irradiation und verwandte Erscheinungen.

Einen etwaigen, jedenfalls sehr kleinen Rest von Irradiation in der deutlichen Sehweite selbst, steht Welcker nicht an, aus einer Abweichung der brechenden Flächen des Auges von der Rotationsform erklärbar zu finden. Auf diesen Umstand, welcher in mehreren Arbeiten besprochen worden ist, werden wir unten zurückkommen.

Der zweite Theil von Welcker's Schrift ist der kritischen Besprechung der Ansichten Kepler's, Göthe's, Volkmann's, Dove's, namentlich aber der Plateau'schen (1) Arbeit gewidmet, welche letztere er geradezu für eine Irrlehre erklärt, was er durch Parallelstellen der einzelnen Plateau'schen und der der Theorie der Zerstreuungskreise entsprechenden Sätze näher darzuthun bemüht ist. Den Plateau'schen Satz z. B.: die Irradiation wird verringert durch convergirende Linsen, und erhöht durch divergirende, — läfst Welcker nur für die Irradiation wegen zu grofser Nähe gelten, und fügt zu, dafs Irradiation wegen zu grofser Entfernung durch Convexlinsen erhöht, durch Concavlinsen vermindert werde, und dafs jede Linse für eine bestimmte Entfernung die Irradiation ganz aufhebe.

Der achte Satz Plateau's, wonach zwei benachbarte Irradiationen beide eine Schwächung erleiden, veranlafste Welcker zu einer Reihe von Versuchen, deren Resultate in den folgenden Sätzen sich aussprechen: 1) Werden analoge Netzhautstellen beider Augen gleichzeitig von verschiedenem Lichte berührt, so bevorzugt die Perception

(1) Pogg. Ann. Ergänzungsband I, 79. 193. 405.

Irradiation und verwandte Erscheinungen.

denjenigen Factor des Mischreizes, von welchem die Nachbarschaft jener Netzhautstellen frei ist. Das graue Zwischenfeld, welches bei Betrachtung einer weifsen und einer schwarzen Fläche entsteht, ist nach dem Schwarzen hin heller, nach dem Weifsen hin dunkler schattirt. 2) Läfst man die beiden concurrirenden Lichteindrücke auf eine und dieselbe Netzhautstelle des nämlichen Auges fallen, so hat man ganz die nämlichen Resultate, wie bei den oben berührten Doppelsehversuchen. 3) Wird aber das Zusammentreffen der Lichteindrücke durch unsehweitige Betrachtung (Zerstreuungskreise) bewirkt, so vermischen sich die Eindrücke gleichmäfsig, wenn sie von gleicher Helligkeit sind, oder es unterliegt, wenn beide Eindrücke von ungleicher Helligkeit sind, der lichtärmere und zwar um so mehr, je gröfser der Helligkeitsunterschied ist.

Bezüglich der Dove'schen Erklärung der Irradiation (1) aus einer für die verschiedenen Farben ungleichen Accommodation, welche sich für Schwarz und Weifs wie für eine weniger und eine stärker brechbare Farbe verhalte, ist Welcker abweichender Ansicht. Er bemerkt nämlich, dafs die verschiedenen Farben nicht in der Reihenfolge ihrer abnehmenden Brechbarkeit, sondern in der Folge ihrer abnehmenden Helligkeit sich geeignet zeigen, die Irradiation des Hellen zu begünstigen, wie man mittelst eines die Farben Blau, Gelb, Roth kreuzenden weifsen Papierstreifs wahrnehmen könne. Ferner müsse man, wenn man nach der Analogie der durch ein violettes Glas gesehenen Lichtflamme, welche sich jenseits der deutlichen Sehweite blau, diesseits roth umsäumt, schliefsen wolle, annehmen, dafs das Weifse diesseits der deutlichen Sehweite sich kleiner zeige, als das Schwarze, was bekanntlich nicht der Fall sei.

Fliedner (2) hat die strahlenförmige Gestalt, in welcher die Sterne, oder helle Punkte auf dunklem Grunde,

(1) Vgl. Jahresber. f. 1851, 192. — (2) Pogg. Ann. LXXXV, 321. 460; vgl. LXXXVI, 336.

sowie dunkle Punkte auf hellem Grunde diesseits oder jenseits der deutlichen Sehweite erscheinen, einer ausführlichen Betrachtung unterworfen. Da die Strahlengestalt bei der Drehung des Kopfes sich mitdreht und das Spiegelbild eines leuchtenden Punktes nicht die gegenbildliche, sondern die ebenbildliche Strahlenform zeigt, so schliefst Fliedner, dafs die Ursache der Erscheinung im Auge selbst liege. Bei Annäherung des Auges an einen entfernten leuchtenden Punkt findet er die Strahlen allmälig abnehmen, aber nach Einer Richtung mehr als nach der andern, so dafs ein Lichtstreif bleibt, der aber bei weiterer Annäherung ebenfalls abnimmt, so dafs der Punkt in seiner wahren Gestalt erscheint. Nähert sich das Auge noch mehr, so bildet sich ein Lichtstreif rechtwinklig gegen den vorher gesehenen aus, der dann in eine Strahlengestalt und endlich in einen fast gleichmäfsig erleuchteten Kreis übergeht. Wir führen noch ein anderes Experiment Fliedner's an, welches ganz vorzüglich geeignet ist, über die Ursache der eben beschriebenen Erscheinung Licht zu verbreiten. Auf einer weifsen Scheibe waren acht Durchmesser in gleichen Winkelabständen gezogen, so dafs die schwarzen Linien eine sternförmige Figur bildeten. Jenseits der deutlichen Sehweite waren die Begrenzungen sämmtlicher Linien durch Zerstreuungskreise undeutlich gemacht. Bei Annäherung an das Auge erschien zuerst einer der Durchmesser scharf begrenzt und tief schwarz, dann die ihm benachbarten, und wenn die mit jenem einen Winkel von 45° bildenden Durchmesser am Schärfsten erschienen, hatte zugleich die ganze Figur durchschnittlich die gröfste Deutlichkeit angenommen. Bei gröfserer Annäherung bildeten sich die Zerstreuungskreise an jenem Durchmesser, welcher zuerst deutlich erschienen war, am Meisten aus und der zu ihm rechtwinklige Durchmesser nahm den gröfsten Grad der Schärfe an, bis endlich bei weiterem Heranrücken alle Linien wieder undeutlich wurden. Fliedner schliefst, dafs in dem Meridiandurchschnitt des Auges, welcher dem

Irradiation und verwandte Erscheinungen.

Irradiation und verwandte Erscheinungen.

ersteren Durchmesser parallel liege, die Brennweite des Auges am Kleinsten, dafs sie rechtwinklig darauf am Gröfsten sei. Anstatt Einer Brennweite nimmt er eine *Brennstrecke* des Auges an, deren Endpunkte von den Brennweiten der beiden oben gedachten Meridiandurchschnitte gebildet werden. Uebrigens vermag Referent, trotz der Versicherung der Verfassers, dafs die Theorie Sturm's (1) zur Erklärung der beschriebenen Phänomene nicht ausreiche, nicht zu erkennen, welches neue Element dieser Theorie von Seiten Fliedner's zugefügt worden wäre. Referent glaubt im Gegentheil bezüglich weiterer Erörterung dieses Gegenstandes auf die Arbeit Sturm's verweisen zu können.

Dagegen verdient hier noch hervorgehoben zu werden, dafs Fliedner am Schlusse seiner Arbeit die Ansicht ausspricht, dafs die Irradiationserscheinungen als blofse Lichtzerstreuungserscheinungen aufzufassen seien und sich dann die (auch von Welcker besprochenen) Widersprüche, welche Plateau's Untersuchungen bezüglich des Einflusses der Linsengläser auf die Irradiation ergeben hätten, leicht lösen liefsen.

Ein gröfserer Theil der Arbeit Fliedner's ist der Betrachtung der Zerstreuungsfransen gewidmet, welche sich um helle Gegenstände auf dunklem Grunde und umgekehrt bei unsehweitiger Betrachtung lagern; es ist der Einflufs, welchen die Sphären der Zerstreuungskreise zweier in ungleicher Entfernung vom Auge befindlicher Gegenstände aufeinander äufsern, erörtert und eine Anwendung angegeben, welche man von diesen Betrachtungen auf die Bestimmung des einem kurzsichtigen oder fernsichtigen Auge tauglichen Brillenglases machen kann. Ohne die beigegebenen Figuren möchten diese Erörterungen nicht wohl verständlich vorzutragen sein. — Die Ursache, warum Gegenstände bei unsehweitiger Betrachtung deutlicher er-

(1) Pogg. Ann. LXV, 116. 374.

scheinen, wenn man einen Theil der Strahlen, welche die Zerstreuungskreise formiren, durch einen Schirm mit enger Oeffnung, oder durch Zusammenziehen der Augenlieder abblendet, hätte wohl etwas einfacher gegeben werden können, als es in Nr. 12 der gedachten Arbeit geschehen ist.

Irradiation und verwandte Erscheinungen.

Ein Phänomen, welches gleichfalls auf Zerstreuungskreisen beruht, in der Modification, wie sie durch die nicht sphärische Gestalt der brechenden Medien des Auges hervorgerufen werden, ist von A. Fick (1) ausführlich besprochen worden, ohne dafs derselbe an einen Zusammenhang dieser Erscheinungen mit dem, was Plateau Irradiation nannte, gedacht hat. Wenigstens ist die Irradiation in der Abhandlung nirgends erwähnt. Ein weifses Quadrat auf schwarzem Grunde erschien jenseits der deutlichen Sehweite als aufrecht oblong, und an den horizontalen Kanten mit unbestimmten, aus Weifs und Schwarz schattirten Umrissen, während die verticalen Kanten völlig scharf gesehen wurden. Die Verlängerung in verticalem Sinne fand Fick der Entfernung des Gegenstandes direct proportionirt; er fand sie geringer, wenn die Pupille durch eine gegenüberliegende stark erleuchtete Wand zum Zusammenziehen veranlafst worden war. Obgleich nun der Verfasser die Grundlage der Sturm'schen Theorie, nämlich die Nichtsphäricität der brechenden Flächen des Auges, zur Erklärung seiner Beobachtung adoptirt, so läugnet er doch die Consequenz, dafs nämlich ein zu nahe gehaltenes Quadrat als liegendes Oblongum erscheine. Ihm blieben auch diesseits der deutlichen Sehweite die verticalen Grenzlinien immer scharf, das Quadrat ein stehendes Oblongum. Welcker giebt in seinem S. 190 citirten Werke an, zu dem entgegengesetzten Resultate gelangt zu sein; diesseits der Sehweite sei ihm ein weifses Quadrat auf dunklem Grunde als liegendes Oblongum erschienen, von zwei gleichbreiten Stri-

(1) Henle und Pfeufer's Zeitschrift für rationelle Medicin, neue Folge, II. Band, 83.

Irradiation und verwandte Erscheinungen.

chen, der verticale breiter, als der horizontale. Referent scheint sich Augen zu erfreuen, deren brechende Flächen von der Rotationsgestalt nur unmerklich abweichen; bei ihm treten die Zerstreuungskreise an den horizontalen und verticalen Kanten gleichzeitig auf und das Quadrat bleibt in allen Entfernungen Quadrat. Es ist hiernach schwer zu sagen, was von den Schlüssen Fick's zu halten sei, dafs derjenige Endpunkt der *Brennstrecke* (vgl. oben S. 194), welcher den in horizontaler Ebene liegenden Strahlen angehört, stets auf der Netzhaut bleibe, wie auch das Object seine Entfernung ändern möge; dafs das Auge einer besonderen Anpassung für horizontale und einer besondern für verticale Linien fähig sei; dafs die letztere Accommodation diejenige sei, welche das Auge unbefangen annehme, daher schwarze Linien auf weifsem Grunde noch in gröfserer Entfernung getrennt sichtbar blieben, wenn sie vertical, als wenn sie horizontal gerichtet wären.

Schliefslich mittelt der Verfasser aus, was aus dem Angeführten übrigens ungezwungen folgt, dafs der Krümmungsradius des verticalen Axenschnittes des Auges kleiner zu denken sei, als der des horizontalen, und zwar, wie er auf den Grund seiner, sowie Volkmann's und Listing's experimentellen Daten näher berechnet, für sein Auge etwa um $1/3$ Millimeter. Der Brennpunkt der Strahlen im horizontalen Meridian liegt diesem zu Folge in den Augen des Verfassers hinter dem Brennpunkt der Strahlen im verticalen Meridian.

An die oben (S. 194) erwähnten, jedoch nicht weiter ausgeführten Erörterungen Fliedner's über die aus Zerstreuungskreisen unsehweitlicher Gesichtsobjecte hervorgehenden Phänomene schliefst sich eine Mittheilung Brewster's (1) an, in welcher er die Beobachtung eines Dritten mit dessen Worten folgendermafsen beschreibt: »Wenn man eine in schwarzem Papier ausgeführte Silhouette mit wenig hervor-

(1) Phil. Mag. [4] III, 55.

tretenden Zügen und von der *Rechten zur Linken* schauend vor einem Fenster anbringt, und wenn dieselbe von einem kurzsichtigen Auge durch eine enge Spalte (etwa $1/30$ Zoll weit) betrachtet wird, so dafs die Spalte etwa 1 Fufs, das Auge etwa 2 Fufs von dem Gegenstand absteht, so erscheint diesem Auge die Silhouette so, als wenn sie von der *Linken nach der Rechten* schaute.« Brewster leitet die Erklärung dieses Phänomens von der Erscheinung ab, welche man bei dem Gegeneinanderhalten zweier Fingerspitzen innerhalb der deutlichen Sehweite, und in nicht ganz gleichem Abstande von dem Auge, wahrnimmt. Das scheinbare Hervortreten einer Anschwellung an der entfernteren Fingerspitze soll, auf die Hervorragungen des Profils der Silhouette angewendet, nach Brewster die Entstehung eines zweiten entgegengesetzt gerichteten Profils erklären.

Irradiation und verwandte Erscheinungen.

Bezüglich der Arbeit Fliedner's glaubt sich Trouessart (1) durch Entsiegelung einer der französischen Academie im Mai 1851 eingereichten Note die Priorität sichern zu müssen. Er geht in der kurzen, bis jetzt bekannt gewordenen Darlegung davon aus, dafs ein kurzsichtiges oder ein mit einer Loupe bewaffnetes Auge eine jenseits der deutlichen Sehweite aufgestellte Lichtflamme mehrfach sehe. In der dunkeln Kammer beobachte man solche mehrfache Bilder nur, wenn das Objectiv mit einem Schirme bedeckt werde, welcher mit beliebig geordneten Oeffnungen durchbrochen sei. Um die Erscheinung im Auge zu erklären, müsse man partielle Trübungen annehmen. Es ist indessen nicht einzusehen, warum Trouessart dieses Phänomens zur Erklärung der Irradiation bedarf und warum ihm nicht, wenn er von Plateau's Ansicht abgehen will, die Zerstreuungskreise des nicht angepafsten Auges genügen. — In einer zweiten, kürzeren Mittheilung erklärt Trouessart (2) die Strahlen, welche man bei halbgeschlossenen

(1) Compt. rend. XXXV, 134; Arch. ph. nat. XX, 305. — (2) Compt. rend. XXXV, 398; Instit. 1852, 304.

Augenliedern um leuchtende Punkte wahrnimmt, als Reflexionsphänomene, welche an den der Pupille genäherten Flächen zu Stande kommen sollen.

Aenderungen des geometrischen Schattens durch Zerstreuungskreise.

Als Analogon eines Versuches von Libri, welcher im Supplemente zu Herschel's Optik von Quetelet, Nr. 28, und in Moigno's *Répertoire d'optique moderne*, II, 618 sich findet, beschreibt Beer (1) den folgenden Versuch. Auf ein weifses Blatt Papier zeichne man eine schwarze Linie von der Dicke eines Seidefadens und halte über dieselbe im Abstand einiger Zolle einen schwarzen Seidefaden so, dafs er die Linie deckt. Ein Auge, welches so accommodirt ist, dafs es einen zwischen beiden Objecten gelegenen Punkt am deutlichsten sehen würde, erblickt dann den dunkeln linearen Raum, in welchem Strich und Faden sich decken, der Länge nach durch eine weifse Linie gespalten. Neigt man den Faden gegen den Strich etwas, so ist die Spaltung durch einen weifsen Raum nur noch an der Kreuzungsstelle bemerklich; die linken Hälften von Faden und Strich scheinen Ein gekrümmtes Object zu bilden, defsgleichen die rechten Hälften. Vergröfsert man den Neigungswinkel, so wird die weifse Trennungsstelle schmaler und verschwindet bei rechtwinkliger Durchkreuzung von Faden und Strich. — Beer hat die nämliche Erscheinung objectiv dargestellt, indem er zwei Fäden in verschiedenem Abstande von der kreisförmigen Oeffnung einer Lampe vertical ausspannte und mittelst einer Linse die Bilder auf einen Schirm warf. Es konnten die Bilder beider Fäden nicht gleichzeitig deutlich begrenzt erscheinen und die oben beschriebene Erscheinung trat in allen ihren Modificationen dann am Deutlichsten auf, wenn der Schirm so gerichtet war, dafs beide Bilder einen gleichen Grad von Deutlichkeit angenommen hatten. — Bei der Erklärung des Phänomens geht Beer von der Betrachtung aus, dafs wenn in die von einem leuchtenden Punkte ausgehende Strahlenmasse eine

(1) Pogg. Ann. LXXXVII, 115.

kleine undurchsichtige Kugel trete, die Zerstreuungskreise jenseits und diesseits des reellen Bildes, welches eine Linse von dem leuchtenden Punkte entwirft, helle Ringe mit dunkler Mitte sein müfsten, während umgekehrt, wenn man anstatt des leuchtenden Punktes einen dunkeln, von rückwärts beleuchteten Punkt annehme, man als Zerstreuungskreise dunkle Ringe mit heller Mitte erhalte. Die nähere Herleitung der beschriebenen Erscheinung in ihren Einzelheiten erfordert die Beihülfe von Figuren; wir verweisen in dieser Beziehung auf die Abhandlung.

Aenderungen des geometrischen Schattens durch Zerstreuungskreise.

A. Müller (1) ist aufmerksam darauf geworden, dafs die Accommodation des Auges zur Unterscheidung paralleler Verticallinien nicht die nämliche sei, als für die Unterscheidung horizontaler Linien. Unter 40 Personen sahen 38 bei wachsender Entfernung die horizontalen Linien noch länger deutlich als die verticalen, nur bei Zweien fand das Umgekehrte statt. Demnach mufste bei den ersteren der verticale Meridiandurchschnitt des Auges eine gröfsere Brennweite haben, als der horizontale Durchschnitt. Ohne auf diese Ursache zurückzukommen, macht Müller eine Anwendung von der angeführten Erfahrung, um den verschiedenen Eindruck zu erklären, welchen Landschaften beim Beschauen in aufrechter oder in geneigter Stellung des Kopfes machen.

Beschauen von Landschaften bei geneigter Lage des Kopfes.

H. Meyer hatte in einer früheren Arbeit (2) nachzuweisen gesucht, wie das Bewufstsein von dem Grade der Convergenz unserer Augenaxen, oder vielmehr von der Thätigkeit der diese Convergenz bestimmenden geraden inneren Augenmuskeln, in unser Urtheil über Gröfse und Entfernung äufserer Gegenstände eingehe. Er hatte seine Betrachtungen an ähnliche Versuche geknüpft, wie sie später auch von Brewster (3) angestellt und beschrieben

Gröfse und Entfernung der Gesichtsobjecte.

(1) Pogg. Ann. LXXXVI, 147. — (2) Archiv von Roser und Wunderlich, Bd. I, 1842. — (3) Vgl. Jahresber. f. 1847 u. 1848, 216.

Gröfse und Entfernung der Gesichtsobjecte.

wurden. Neuerdings (1) sucht Meyer seine Ansicht durch eine quantitative Discussion stereoscopischer Versuche näher zu begründen. Indem er jedes der beiden Seitenbretter des Wheatstone'schen Spiegelstereoscops mit einer Centimeterscale versieht, deren Nullpunkte in die Mitte fallen, und, in den beiden Spiegeln gesehen, den Augenaxen eine parallele Stellung geben, indem er dann zwei zusammengehörige Stereoscopbilder zunächst über jenen Nullpunkten einsetzt und sie dann gleichmäfsig und allmälig nach Vorn schiebt, beobachtet er eine bedeutende Verkleinerung und Annäherung des Bildes, und er ist durch die genaue Kenntnifs der Dimensionen des Apparates und der Lage der einzelnen Theilstriche sowie ihrer Spiegelbilder in den Stand gesetzt, zu untersuchen, durch welche Ursache jene Verkleinerung und Annäherung, oder die beim Zurückrücken nach der Nulllinie wieder eintretende Vergröfserung und scheinbar viel gröfsere Entfernung hervorgebracht wird.

Rückten die Zeichnungen von Centimeter 0 bis 1 bis Centimeter 7 bis 8, so betrug die *wirkliche* Verkleinerung des Netzhautbildes nur $1/11$ der anfänglichen Gröfse, die *wirkliche* Entfernung des Spiegelbildes *vergröfserte* sich um $1/10$ ihres Werthes. Die erstere Aenderung ist dem Mafse nach, die zweite dem Mafse und dem Sinne nach ganz verschieden von den wirklich beobachteten, viel auffallenderen Veränderungen.

Es nimmt aber vom Theilstrich 2 bis 8 die Entfernung des Convergenzpunktes der Augenaxen von der Mitte zwischen beiden Augen von 300 auf 75 Millimeter ab und es entspricht diefs einer Aenderung in der Gröfse des Gegenstandes von 12,5 auf 3,2 Millimeter, wenn die Netzhautbilder gleich grofs ausfallen sollen. Eine solche Abnahme der Gröfse und Entfernung, um etwa $3/4$ des anfänglichen Werthes, glaubt man aber in der That zu beobachten, so

(1) Pogg. Ann. LXXXV, 198; im Ausz. Arch. ph. nat. XX, 137.

dafs hiernach der wahre Grund der Täuschung offenbar in der Convergenz der Augenaxen gelegen ist.

In einer zweiten Mittheilung giebt Meyer (1) vergleichende Versuche darüber, ob der Spielraum der gemeinschaftlichen Wirksamkeit der beiden äufsern geraden Augenmuskeln sich je nach der geraden oder schiefen Stellung der Augenaxen ändere. Er konnte einen deutlich ausgesprochenen Unterschied nicht wahrnehmen.

Erhabensehen hohler Formen.

Schröder (2) hat einige Bemerkungen mitgetheilt über die bereits von Brewster, Wheatstone und Moser gemachte Wahrnehmung, dafs Basreliefs bei seitlicher Beleuchtung und bei einigem absichtlichen Versenken in die Betrachtung dem freien Auge als erhabene plastische Formen erscheinen. Damit der Versuch gelinge, soll der Gegenstand jenseits der deutlichen Sehweite aufgestellt werden, weiter entfernt, wenn man beide, als wenn man nur Ein Auge gebraucht. Das Erhabensehen hohler Formen mit freiem Auge trete nur dann ein, wenn diese Köpfe, menschliche Figuren u. dgl., überhaupt solche Gegenstände darstellen, welche nur plastisch erhaben gedacht werden können. Der Widerspruch, welchen die nahe Lichtquelle mit der Vertheilung von Licht und Schatten auf dem erhaben gedachten Gegenstand hervorrufe, sei von keinem Einflufs auf die optische Täuschung, »wie denn das Bewufstsein auf die sinnlichen Wahrnehmungen überhaupt ohne Einflufs sei«, ein Satz, welcher mit der unmittelbar vorher angeführten Erfahrung, dafs die Täuschung nur bezüglich gewisser Gegenstände gelingt, nicht zu stimmen scheint.

Weiter bemerkt Schröder, die erhaben gesehenen Gegenstände erschienen in gewissermafsen »verklärter Beleuchtung.« Er erklärt diefs daraus, dafs nach einmal eingetretener Inversion die Schattengrenze weder für die wirklich stattfindende, noch für eine andrerseits angenommene

(1) Pogg. Ann. LXXXV, 207. — (2) Pogg. Ann. LXXXVII, 306.

Beleuchtung geometrisch richtig sei; daher die offenbar opake Oberfläche in einer Art von Phosphorescenz, wie von Innen beleuchtet, erscheine.

Stereoscope und Verwandtes.

Wheatstone (1) hat sich in einer *Bakerian lecture* über einige Erscheinungen des binocularen Sehens (2) verbreitet. Er hatte an seinem Spiegelstereoscop die Einrichtung getroffen, dafs er die beiden einem Gegenstand angehörigen Bilder bei verschiedener Convergenz der Augenaxen und gleichbleibendem Abstand vom Auge, oder bei gleichbleibender Convergenz der Augenaxen und wechselndem Abstand vom Auge betrachten konnte. Bei der ersteren Anordnung schien die Gröfse des Gegenstandes zu wachsen, oder abzunehmen, je nachdem die Convergenz der Augenaxen geringer oder gröfser wurde. Bei der letzteren Anordnung nahm die Gröfse des Gegenstandes scheinbar zu oder ab, je nachdem die Bilder den Spiegeln näher rückten oder sich davon entfernten; wie nicht anders zu erwarten war, da gleichzeitig die Gröfse der Bilder auf der Netzhaut zu- oder abnahm.

Beim Sehen unter gewöhnlichen Umständen ist mit der stärkeren Convergenz der Augenaxen auch eine Anpassung des Auges zum Deutlichsehen in kürzere Entfernung nothwendig verbunden. Wheatstone fand es bei der ersteren Versuchsreihe, bei welcher die Entfernung des betrachteten Gegenstandes in der That sich nicht änderte, schwierig, bei jedem Convergenzwerth gleich deutlich zu sehen, indem das Anpassungsvermögen unwillkürlich mit Convergenzänderung der Sehaxen Hand in Hand fungirte. Betrachtet man die Spiegelbilder durch sehr feine Oeffnungen, welche mit einer Nadel in Carton gestochen sind,

(1) Phil. Mag. [4] III, 504; im Ausz. daselbst III, 149; Instit. 1852, 179. — (2) Eine frühere Arbeit des Verfassers über diesen Gegenstand, insbesondere über das Stereoscop, welche man schon in den Phil. Trans. für 1838, II, und in Pogg. Ann. Ergänzungsb. I, 1, findet, ist nun auch in Phil. Mag. [4] III, 241 vollständig mitgetheilt.

indem man zugleich grelle Beleuchtung anwendet, so verschwindet jene Schwierigkeit. Stereoscope und Verwandtes.

Wheatstone beschreibt ferner einige von ihm erdachte Stereoscopeinrichtungen von sehr compendiöser Natur, welche man indessen am besten aus der Abhandlung selbst und den beigefügten Zeichnungen kennen lernt; er giebt Anleitung zur Anfertigung photographischer Bilder, welche im Stereoscop dienen sollen. Die Verschiedenheit der beiden Netzhautbilder, welche der nämliche körperliche Gegenstand entwirft, ist desto geringer, je entfernter der Gegenstand selbst dem Auge ist. Betrachtet man im Stereoscop zwei Bilder, welche für eine starke Convergenz der optischen Axen entworfen sind, unter geringerer Neigung dieser Axen, so stellt sich das Relief übertrieben dar; es erscheint zu flach im umgekehrten Falle. Wheatstone fand, dafs beim Betrachten mit parallelen Augenaxen Bilder, welche für eine Convergenz von 8°, ja in manchen Fällen solche, welche für eine Convergenz von 16° entworfen waren, noch gute Wirkung thaten.

Wenn man jedem Auge ein Spiegelbild derjenigen Ansicht eines körperlichen Gegenstandes darbietet, welche es beim freien Beschauen aufnehmen würde, so erscheint das Relief umgekehrt, d. h. Erhabenes vertieft und Vertieftes erhaben. Wheatstone hat hierauf die Construction eines besondern Apparates, des *Pseudoscops*, gegründet, bestehend aus zwei in Einen Rahmen gefafsten rechtwinkligen Reflexionsprismen, deren Hypothenusenflächen den Augenaxen parallel gerichtet und deren Abstand demjenigen der Augen angepafst werden kann.

Ist das Instrument für einen Gegenstand in gewisser Entfernung so gerichtet, dafs derselbe in seinem natürlichen Abstande und in seiner natürlichen Gröfse erscheint, so ist er selbst durch das Instrument verdeckt, die Spiegelbilder aber lassen alle entfernteren Objecte näher und kleiner, alle näheren dagegen entfernter und gröfser erscheinen. Wheatstone beschreibt die Wirkungen dieses

Stereoscope und Verwandtes.

Apparates an vielen einzelnen Fällen ausführlich und schildert sie als höchst überraschend. Namentlich sei der Widerstreit im Urtheil des Beobachters merkwürdig, wenn einer der im Sehfeld befindlichen Gegenstände sich auf den Beobachter zu oder von ihm wegbewege. Die Umkehrung des Bildes lasse den herannahenden Gegenstand scheinbar sich entfernen, während doch die Zunahme des Sehwinkels auf eine Annäherung schliefsen lasse; die umgekehrten Eindrücke begleiten den sich entfernenden Gegenstand. — Bisweilen, bemerkt Wheatstone, trete unwillkürlich, und hauptsächlich veranlafst durch die Perspective und die Vertheilung des Schattens, der Eindruck des natürlichen Bildes an die Stelle des umgekehrten, namentlich dann, wenn man das eine Auge schliefse.

Von Wartmann (1) ist eine Zusammenstellung neuer Stereoscopeinrichtungen gegeben worden, defsgleichen von Moigno (2).

Wilde (3) giebt, anknüpfend an Dove's (4) verschiedene stereoscopische Methoden, Anweisung, wie man sich der Wollaston'schen *camera lucida* anstatt des reflectirenden rechtwinkligen Glasprismas zu stereoscopischen Zwecken bedienen könne. — Der als Geschichtsforscher im Gebiete der Optik rühmlichst bekannte Verfasser giebt in einer Anmerkung eine kritische Notiz über den Autor der Erklärung des bekannten Phänomens der scheinbaren Vergröfserung von Sonne und Mond am Horizont. Alle diejenigen, welche sich im Besitz des jetzt so verbreiteten Brewster'schen Linsenstereoscops aus Soleil's Atelier befinden, kennen die einfache Figur, welche eine so anschauliche Analogie für jenes Phänomen bietet.

Brewster's (5) Beschreibung verschiedener stereoscopischer Apparate, sowie seine Bemerkungen über Anfer-

(1) Arch. ph. nat. XIX, 196. — (2) Rev. scientif. industr. [4] I, 6. — (3) Pogg. Ann. LXXXV, 63. — (4) Vgl. Jahresber. f. 1851, 190. — (5) Phil. Mag. [4] III, 16. 26. 31; Sill. Am. J. [2] XV, 288. 289; Dingl. pol. J. CXXIV, 109.

tigung der beiden Augen entsprechenden Projectionen körperlicher Gegenstände zu stereoscopischen Zwecken, entweder durch Zeichnung oder mit Hülfe der Photographie, erwähnen wir hier nur, da alles Wesentliche bereits in früheren Mittheilungen (1) enthalten und ohnedem schon auf den verschiedensten Wegen zur Kenntnifs Derer gelangt ist, welche sich für diesen Gegenstand interessiren. Stereoscope und Verwandtes.

Zantedeschi (2) hat bei Wiederholung stereoscopischer Versuche gefunden, dafs die Körperformen auch bei Betrachtung nur einer der für beide Augen entworfenen Projectionen, wenngleich in schwächerem Mafse als bei Anwendung beider Augen, hervortraten. — Die Versuche über die Zusammensetzung complementärer Farben zu Weifs und homogener Farben zu Mischfarben gelangen ihm zwar, allein der Mischton bot sich ihm nur als eine flüchtige Erscheinung, im Vergleich zu den abwechselnd sehr bestimmt hervortretenden Einzelfarben.

Seguin (3) hat seine Untersuchungen über subjective Farben (4) fortgesetzt. Das Resultat seiner zweiten Arbeit drückt er in den Worten aus: Während der Betrachtung eines gefärbten Gegenstandes auf schwarzem oder weifsem Grunde entwickelt sich auf ihm allmälig die complementäre Farbe (?), und die eigene Farbe des Gegenstandes breitet sich auf dem unterliegenden Grunde aus. — In der dritten Abhandlung theilt er Beobachtungen über die Mischfarben mit, welche nach dem angeführten Gesetze entstehen, wenn ein farbiger Gegenstand auf einem andersfarbigen Grunde liegt. Subjective Farben.

Wenn man nach Fixirung eines glänzenden Gegenstandes das Auge auf eine dunkle Fläche richtet, beobachtet man ein Nachbild, welches allmälig schwächer wird

(1) Jahresber. f. 1849, 147; f. 1850, 186; f. 1851, 190; vgl. auch die Anmerkung daselbst. — (2) Giornale Fisico-Chimico italiano del 1852. — (3) Compt. rend. XXXIV, 767; XXXV, 476. — (4) Jahresber. f. 1851, 201.

Subjective Farben.

und endlich verschwindet. Grove (1) hat darauf aufmerksam gemacht, dafs man es aufs Neue hervorrufen kann, wenn man zwischen dem Auge und der dunklen Fläche einige Zeit ein weifses und gut beleuchtetes Blatt Papier hin- und herbewegt. Bei einiger Uebung läfst sich dieser Versuch aufserordentlich oft wiederholen. Wenn man nach Fixirung des glänzenden Gegenstandes durch Betrachtung einer weifsen Fläche ein dunkles Nachbild hervorgerufen hat, so kann man dieses, nachdem es allmälig erstorben ist, durch Vorhalten einer dunkelen Fläche vor das Auge wieder hervorrufen.

Einflufs der Helligkeit auf die Intensität der Farben.

Dove (2) hat die Beobachtung, welche man in Gemäldegallerien beim Einbruch der Dämmerung macht, nämlich, dafs dann die dunkleren blauen Töne noch länger sichtbar bleiben, als die bei Tage weit heller erscheinenden rothen Farben, einer wiederholten Prüfung mittelst stereoscopischer Versuche (3) unterworfen und unter allen Umständen bestätigt gefunden. Er führt eine frühere Erklärung dieser Thatsache von Seebeck an, welcher bemerkt, dafs mit eintretender Dämmerung zuerst die am wenigsten brechbaren Strahlen aus dem Lichte der Atmosphäre verschwinden. Die Untersuchung des Sonnenspectrums bei Sonnenuntergang aber widerspricht dieser Annahme; und auf keinen Fall konnten die blauen Strahlen bei einem gleichförmig mit weifsen Wolken überzogenen Himmel, bei welchem Dove seine Versuche machte, im Uebergewichte sein. Dove glaubt daher eine andere Erklärung geben zu müssen, welche er durch eine von den Schallempfindungen hergenommene Analogie erläutert. Bei gleicher Schwingungsweite ist ein hoher Ton deutlicher zu vernehmen, als ein tiefer, weil in gleicher Zeit sich der

(1) Phil. Mag. [4] III, 435; Instit. 1852, 251; Arch. ph. nat. XX, 227. — (2) Pogg. Ann. LXXXV, 397; Berl. Acad. Ber. 1852, 69; im Ausz. Phil. Mag. [4] IV, 246; Instit. 1852, 193. 423; Arch. ph. nat. XXI, 209. — (3) Vgl. Jahresber. f. 1851, 192.

nämliche Eindruck auf den Gehörnerv öfter wiederholt. Die Grenze der Wahrnehmbarkeit tiefer Töne kann nach Savart durch Verstärkung der einzelnen Eindrücke erweitert werden. Das Blau verhält sich aber zum Roth, wie ein höherer Ton zu einem tieferen, und bei abnehmender Intensität wird das Bereich der Farben zuerst von der Seite des Roth her eingeschränkt, bis endlich bei immer schwächer werdender Beleuchtung nur das Blau übrig bleibt. Dove leitet aus demselben Umstande die Erklärung der merkwürdigen Thatsache ab, dafs bei schwachem Sternenlicht das Blau des Himmels sich noch deutlich geltend macht. Auch erklärt sich danach, warum ein violettes Glas, welches als dichromatisches Mittel nur Roth und Blau durchläfst, mit zunehmender Dämmerung sich mehr ins Blaue zieht. Wie einerseits anzunehmen sei, bemerkt Dove, dafs man durch hinlängliche Verstärkung der Lichtintensität die jenseits des Roth gelegenen, dem Maximum der Wärme entsprechenden Wellen sichtbar machen könne, so sei es nicht unmöglich, dafs in völliger Dunkelheit noch jenseits des Violett gelegene Strahlen übrig bleiben, welche eine jodirte Silberplatte afficiren, wenigstens dann, wenn eine längere Dauer dieser rasch erfolgenden Schwingungen das ersetze, was ihnen an Intensität abgehe (Moser's unsichtbares Licht).

Einfluſs der Helligkeit auf die Intensität der Farben.

Dove beschreibt noch einige Versuche, welche ihm als weitere Belege des Satzes dienen, dafs die Anpassung der Augen für die verschieden-brechbaren Farben nicht die nämliche sei. Betrachtet man ein Mikrometer von weifsen Linien auf schwarzem Grunde durch ein blaues Glas und geht mit dem Auge so weit zurück, bis das Gitter durch das Zusammenlaufen der Linien als Fleck erscheint, so sieht man es durch ein rothes Glas noch vollkommen als Gitter und dieses verwandelt sich erst in beträchtlich gröfserer Entfernung in einen Fleck. — Die Erscheinung der »flatternden Herzen« erklärt Dove aus der nämlichen

Einfluſs der Helligkeit auf die Intensität der Farben.

Ursache (1). Die blauen oder grünen Flecke auf rothem Grunde erscheinen mit diesem nicht in einer Ebene und bei Bewegung der Scheibe beschreiben diese und die Flecken oder Herzen gleich groſse Tangenten an Kreisen von ungleichem Halbmesser, daher die scheinbar ungleiche Winkelgeschwindigkeit.

Bemerkungen über Dove's Theorie des Glanzes (2) hat Brewster (3) mitgetheilt.

Augenspiegel.

Helmholtz (4) hat ein optisches Instrument erfunden, welches der Augenheilkunde groſse Dienste zu leisten verspricht. Den Anlaſs zur Construction fand er in der von Brücke angegebenen, von Erlach modificirten Methode, das Augenleuchten zu beobachten. Einen Satz dünner und klarer Glasplatten, auf einem messingenen Ring befestigt, bringt der Beobachter vor sein Auge, so daſs die Augenaxe, welche zugleich nach dem zu beobachtenden Auge hingerichtet ist, einen Winkel von 34° mit den Glasplatten macht. Die Strahlen einer Lampe, welche dicht neben dem Haupte des Beobachters aufgestellt ist, werden, unter 56° reflectirt, gerade in das zu beobachtende Auge gesendet und das von der Netzhaut und den brechenden Medien desselben zurückgesendete Licht dringt zum Theil durch die spiegelnden Glasplatten und läſst dem Beobachter die Structur jener inneren Augentheile erkennen. Da das von der Retina zurückkehrende Licht durch die brechenden Medien des beobachteten Auges convergent gemacht wird, so muſs das Auge des Beobachters, um deutlich zu sehen, mit einer Concavlinse bewaffnet sein. Wenn es uns erlaubt sein kann, gegen die gründliche Darstellung des scharfsinnigen Erfinders Etwas zu erinnern, so möchten wir bemerken, daſs in dieselbe mehr mathematische und theoretisch physi-

(1) Ueber eine andere Erklärung des nämlichen Phänomens vgl. Jahresber. f. 1847 u. 1848, 219. — (2) Jahresber. f. 1851, 192. — (3) Sill. Am. J. [2] XV, 125 aus Athenaeum, Nr. 1300. — (4) Beschreibung eines Augenspiegels zur Untersuchung der Netzhaut im lebenden Auge, Berlin 1851; im Ausz. Ann. ch. phys. [3] XXXV, 125.

kalische Entwickelungen aufgenommen sind, als uns der Zweck zu erfordern scheint. Augenspiegel.

Ruete (1) hat, angeregt durch die von ihm selbst bewährte grofse Nützlichkeit der Helmholtz'schen Erfindung, eine neue Einrichtung eines Augenspiegels erdacht, welche insbesondere den Vorzug hat, ein gröfseres Sehfeld und gröfsere Helligkeit, verbunden mit geringeren Vergröfserungen, überhaupt aber eine mannigfaltigere Abwechselung in diesen Elementen zu gestatten, als der oben beschriebene Augenspiegel. Ruete's Apparat besteht aus einem Hohlspiegel von etwa 3 Pariser Zoll Durchmesser (nach Helmholtz genügt auch ein Planspiegel), welcher, in der Mitte durchbohrt und vor dem Auge des Beobachters aufgestellt, diesem eine Durchsicht nach dem zu beobachtenden Auge gestattet. Dieses empfängt seine Beleuchtung durch die von dem Hohlspiegel zurückgesendeten Strahlen einer Lampe. Zwischen beiden Augen ist ein horizontales Lineal angebracht, auf welchem Convex- und Concavlinsen von verschiedenen Brennweiten angebracht werden können. Man findet in der Abhandlung Ruete's eine ausführliche Angabe der anzuwendenden Brennweiten und der Abstände der Linsen von den Augen, je nachdem man die Netzhaut unter verschiedener Vergröfserung, oder vorzugsweise die Augenlinse oder die Iris beobachten will. Auch hat der Verfasser noch die Beschreibung einiger compendiösen Constructionen von Augenspiegeln mit Anwendung von Reflexionsprismen nach Angaben von Ulrich und Meyerstein hinzugefügt; endlich noch die Beschreibung eines von ihm selbst erfundenen Optometers (Sehweitemessers), welcher jede versuchte Täuschung vereiteln soll.

Helmholtz (2) hat in einer späteren Abhandlung gezeigt, wie man die meisten der Vortheile, welche Ruete's Augenspiegel bietet, mittelst einer Lichtflamme und einer

(1) Der Augenspiegel und das Optometer für pract. Aerzte. Göttingen, 1852. — (2) Vierordt's Archiv für physiol. Heilkunde, XI, 827.

vom Beobachter in der Hand gehaltenen einfachen Convexlinse erreichen könne. Er giebt eine ausführliche Abwägung der Vorzüge der einzelnen angeführten Apparate.

Bewegungen der Iris.

Brodhurst (1) hat eine Untersuchung über die Nerven, welche die Bewegungen der Iris bedingen, bekannt gemacht. — Budge (2) giebt an, gefunden zu haben, dafs das Licht unmittelbar auf die Iris wirkt, da sich dieselbe unter dem Einflufs desselben auch dann noch contrahirte, wenn die beiden Sehnerven durchschnitten waren.

Gesichtsfehler.

Brewster (3) theilt die Beschreibung eines eigenthümlichen Gesichtszustandes mit. Eine Person hatte in Folge eines heftigen Sturzes, ohne dafs eine locale Verletzung der Augen sichtbar war, das Sehvermögen auf dem einen Auge ganz, auf dem andern Auge in der Art verloren, dafs sie zwar im Freien auf grofse Entfernungen Personen erkennen konnte, dagegen im Zimmer auch nicht das geringste Unterscheidungsvermögen der Gegenstände hatte. Die Erklärung Brewster's liegt uns nicht vor. Es scheint indessen, als ob das betreffende Auge, etwa durch Resorption eines Theils der Augenflüssigkeiten, sehr stark fernsichtig geworden sei.

Structur der Krystalllinse.

Eine aus den *Philosophical Transactions* für 1837 neu mitgetheilte Arbeit Brewster's (4) enthält Untersuchungen über die doppelbrechende Structur der Augenlinsen verschiedener Thierklassen und die allmäligen Veränderungen, welche in dieser Structur nach dem Tode des Thieres eintreten. Bei einer grofsen Menge von Linsen aus Fischaugen fand Brewster übereinstimmend einen centralen Theil von negativer Doppelbrechung, auf welchen zwei ringförmige Zonen, die innere von positiver, die äufsere wieder von negativer Doppelbrechung folgten. Das schwarze Kreuz war jedesmal in grofser Regelmäfsigkeit vorhanden. Bei allen vierfüfsigen Thieren, mit einer einzigen Aus-

(1) Phil. Mag. [4] III, 390; Instit. 1852, 209. — (2) Compt. rend. XXXV, 564. — (3) Instit. 1852, 323. — (4) Phil. Mag. [4] III, 192.

nahme (bei dem Hasen), war der centrale Theil positiv doppelbrechend. Bezüglich des weiteren Details der Arbeit, welches durch schöne Abbildungen noch deutlicher dem Leser vorgeführt ist, verweisen wir auf die Abhandlung selbst. Structur der Krystalllinse.

Stellwag (1) hat Untersuchungen über die Doppelbilder, welche bei unsehweitlicher Betrachtung eines leuchtenden Objectes auftreten, angestellt, und unter Anderem bemerkt, dafs bei Anwendung eines Turmalins in einem gewissen Azimut das eine, in einem anderen Azimut das andere der beiden Doppelbilder verschwand. Hiernach hält sich der Genannte für berechtigt, zu schliefsen, dafs diese Doppelbilder durch Doppelbrechung im Auge erzeugt werden. Er ist der Ansicht, dafs die Muskeln, welche bei der Anstrengung zur Accommodation die Linse vorwärts schieben, zugleich auf den Glaskörper einen Druck ausüben, welcher hinreichend sei, demselben doppelbrechende Eigenschaften zu verleihen.

Haidinger (2) hat die interessanten Beobachtungen von Stokes (3) über die Farbe der bekannten Polarisationsbüschel bei verschiedener monochromatischer Beleuchtung, ferner seine eigenen ergänzenden Beobachtungen über den nämlichen Gegenstand, sowie über das gleichzeitige Auftreten der Löwe'schen Ringe (4) mitgetheilt. Haidinger sah die Büschel durch eine Lösung von Kupferoxydammoniak vollkommen schwarz, und dieselben zugleich umgeben von den Löwe'schen Ringen. In wie fern beide Phänomene auf Beugung beruhen, wie Haidinger behauptet, dürfte erst noch eine verständlichere Darlegung von Seiten dieses Gelehrten erfordern (5). Die Haidinger'schen Büschel und Löwe'schen Ringe.

Slater (6) hat einige Beobachtungen über chemische Zersetzungen unter dem Einflufs des Lichtes angestellt, ins- Chemische Wirkungen der verschiedenen Farbenstrahlen.

(1) Wien. Acad. Ber. VIII, 82. — (2) Wien. Acad. Ber. IX, 240; Pogg. Ann. LXXXVIII, 451. — (3) Report of the 20. Brit. Assoc. Not. and abstr. 20; Jahresber. f. 1850, 192. — (4) Jahresber. f. 1847 u. 1848, 218. — (5) Vgl. Jahresber. f. 1851, 189. — (6) Chem. Gaz. 1852, 325; Phil. Mag. [4] V, 67; J. pr. Chem. LVII, 239; Pharm. Centr. 1853, 27; Instit. 1853, 135.

Chemische Wirkungen der verschiedenen Farbenstrahlen.

besondere um die Richtigkeit eines Satzes von Grotthufs zu prüfen, wonach gefärbte Verbindungen am Leichtesten durch die complementären Strahlen entfärbt würden. Er wandte saures chroms. Kali zur Darstellung der gelben, eine Mischung von Eisen- und Kupferchlorid für die grünen, schwefels. Kupferoxyd-Ammoniak für die blauen, eine mit Schwefelsäure versetzte Rosentinctur für die rothen Strahlen, und Wasser mit etwas Salpetersäure für das weifse Licht an, indem er das Sonnenlicht durch Schichten dieser Substanzen fallen liefs. Die Resultate fielen häufig sehr ungleich aus, je nachdem er die zu zersetzende Flüssigkeit hermetisch verschlofs oder mit der Luft communiciren liefs.

Auf übermangans. Kali wirkten die Farbenstrahlen in folgender Ordnung mit abnehmender Stärke zersetzend: blau, roth, weifs, grün, gelb. Im blauen Strahl wurde eine gegen die Luft abgeschlossene Lösung in 8 Stunden farblos, während sie bei offenstehendem Gefäfse ihre rothe Farbe beibehielt. Aehnlich war der Unterschied der Wirkung auf Quecksilberoxyd, und auch Quecksilberjodid wurde in verschlossenen Gefäfsen rascher zersetzt, am Leichtesten im Blau, dann im Roth, Weifs, Grün, Gelb mit abnehmender Stärke. Slater bemerkt, dafs das Quecksilberjodid überhaupt bei Weitem nicht so leicht zersetzbar sei, als man gewöhnlich annehme. Die von ihm angewendete Probe hatte bereits 10 Jahre im diffusen Tageslicht gestanden, ohne merkliche Zersetzung.

Die folgenden Substanzen wurden von den verschiedenen Farbenstrahlen in der beigesetzten Ordnung mit abnehmender Stärke zersetzt:

Trockene Jodstärke	blau, roth, weifs, gelb, grün
Quecksilberchlorid	blau, roth, weifs, grün
Quecksilberoxyd	blau, roth, weifs, grün, gelb
Alkoholische Lösung von Blattgrün .	weifs, roth, gelb, grün, blau
Anderthalb-Schwefelcyaneisen . .	weifs, blau, gelb, grün, roth

Die Jodstärke bleichte im feuchten Zustande rascher, als im trockenen, in offenen Gefäfsen schneller, als in ge-

schlossenen Röhren. Das Blattgrün wurde fast in allen Strahlen gleich schnell zersetzt. Die Zersetzung des Quecksilberchlorids schritt um so rascher vor, je concentrirter die Lösung war. Dafs Salze im blauen Lichte ihr Krystallwasser verlieren sollen, fand Slater in keiner Weise bestätigt. Chemische Wirkungen der verschiedenen Farbenstrahlen.

Bezüglich der Beobachtung von Hunt, dafs saures chroms. Kali mit schwefels. Kupferoxyd im Sonnenschein einen grüngelben Niederschlag giebt, bemerkt Slater, dafs diese Erscheinung in allen Farbenstrahlen, am Vollständigsten in verdünnten Lösungen eintrete, gleichgültig ob die Gefäfse offen oder geschlossen seien. Auch dann bildet sich der Niederschlag, wenn beide Lösungen getrennt vom Lichte bestrahlt und dann im Dunkeln gemischt werden. Hat man die Lösungen aber im Dunkeln sowohl dargestellt als gemischt, so entsteht der Niederschlag nur in der Siedhitze.

Wie in früheren Berichten (1) mitgetheilt worden ist, hat E. Becquerel zuerst gezeigt, dafs man eine Silberplatte durch Eintauchen in Chlorwasser so präpariren könne, dafs sie alle Farben des prismatischen Sonnenbildes wiedergiebt, und zwar die eine oder die andere Farbe mit gröfserer Lebhaftigkeit, je nach der Menge des dem Wasser zugesetzten Chlors. Heliochromie.

Nièpce de St. Victor (2) hat seine Untersuchungen in diesem Gebiete, der von ihm sogenannten Heliochromie, worüber schon im vorigen Jahre berichtet wurde (3), weiter fortgesetzt, ohne jedoch diese Kunst auf eine wesentlich vollkommenere Stufe fortzuführen. Er fand, dafs die empfindliche Platte die gelbe Farbe am Besten annahm, wenn das Chlorwasser die geringste Menge Chlor enthielt. Roth und Orange dagegen, wenn die Lösung vollständig mit Chlor gesättigt war, oder wenn etwas Kupferchlorid oder Eisen-

(1) Jahresber. f. 1849, 164. — (2) Compt. rend. XXXIV, 215; Instit. 1852, 42; Arch. ph. nat. XIX, 225; Dingl. pol. J. CXXIV, 67; Ann. Ch. Pharm. LXXXIV, 177; Sill. Am. J. [2] XV, 272. — (3) Jahresber. f. 1851, 208.

Heliochromie.

chlorid zugesetzt wurde. Namentlich ist es die erstere dieser Substanzen, welche die Farben mit gröfserer Lebhaftigkeit hervortreten läfst.

Manche Chlorverbindungen, wie Chlornatrium, Chloraluminium und Chlormagnesium erweisen sich nur dann wirksam, wenn man der Lösung ein Kupfersalz zusetzt, welches letztere für sich allein ebenfalls unwirksam sein würde. Da die in die Lösung getauchte Platte, je nach dem relativen Verhältnifs des Kupfersalzes und der Chlorverbindung, und je nach der absoluten Menge dieser Körper, in einem bestimmten Gewichte Wasser für eine oder die andere Farbe empfänglicher wird, so fand es Niècpce für geeignet, bei allen seinen Versuchen 100 Grm. Kupfervitriol auf 400 Grm. Wasser zu nehmen und die Menge des Chlors oder der Chlorverbindung wechseln zu lassen, je nach der Farbe, welche er vorzugsweise erhalten wollte.

Die Platte wurde für die gleichzeitige Aufnahme aller Farben am Geeignetsten, wenn man diejenigen Mengen von Chlor oder der Chlorverbindungen anwendete, welche die gelben und grünen Strahlen begünstigten, wenn man dem Bad wenigstens 10° Temperatur gab und die Platte 5 Minuten eintauchen liefs. Immerhin fallen jedoch die Farben in diesem Falle weit weniger lebhaft aus, als wenn man nur Eine herrschende Farbe zu erhalten strebt. Will man Indigo und Violett gut darstellen, so erhält man Gelb fast gar nicht. Eine Lösung von 1 Theil Eisenchlorür und 4 Theilen Kupfersalz in 300 Theilen Wasser giebt alle Farben auf weifsem Grunde, aber mit geringer Lebhaftigkeit; eine Mischung von 100 Theilen Chlormagnesium mit 50 Theilen Kupfervitriol giebt sämmtliche Farben mit gröfserer Lebhaftigkeit, aber auf dunklem Grund. Die Chloride von Zink und Zinn lassen der Platte im Verhältnifs zu anderen Chlorverbindungen einen besonders hellen Grund, aber man erhält bei Anwendung geringer Mengen nur Roth und Orange gut, bei Anwendung gröfserer Mengen gehen diese Töne in Violett über.

Heliochromie.

Als einen neuen Beleg für seine im vorjährigen Berichte (1) bereits erwähnte Ansicht, wonach eine Chlorverbindung der Weingeistflamme dieselben Farben ertheilt, zu deren Aufnahme sie eine Silberplatte vorzugsweise disponirt, führt Niècpce an, dafs er einer Weingeistflamme alle Farben vom Gelb bis zum violetten Ende des Spectrums nach einander geben konnte, wenn er zu absolutem Alkohol reine Salzsäure, erst in geringer Menge, dann in immer steigendem Verhältnisse zusetzte. Roth und Orange aber konnte er auf diese Weise nicht erhalten. Ueberhaupt war die Flamme immer nur sehr lichtschwach; Chloräther, holländische Flüssigkeit oder Chlorkohlenstoffe anstatt der Salzsäure dem Alkohol zugesetzt, gaben ihr etwas mehr Stärke.

In einer anderen Mittheilung sagt Niècpce (2), dafs es ihm gelungen sei, neben verschiedenen Farben von Kleidungsstoffen, von künstlichen und natürlichen Blumen, auch Gold und Silber mit ihren Farben und ihrem Metallglanz abzubilden. Die helleren Farben, welche sich dem Weifs nähern, gerathen immer besser, als die dunklen, und es ist durchaus nicht unvortheilhaft, mit einer Kammer zu arbeiten, welche mit weifsem Papier ausgekleidet ist. Am meisten Schwierigkeiten fand Niècpce bei der Darstellung der grünen Farbe des Baumschlags. Um das dunklere Grün darzustellen, durfte er die Platte vor der Lichteinwirkung kaum erwärmen, während zur Abbildung aller übrigen Farben es bekanntlich am vortheilhaftesten ist, die Platte so weit zu erhitzen, dafs sie einen kirschrothen Ton annimmt.

Die folgende Beobachtung, welche Niècpce am Schlusse seiner Abhandlung anführt, scheint ihm für die weitere

(1) Jahresber. f. 1851, 208. — (2) Compt. rend. XXXV, 694 (Bemerk. von Becquerel und Arago, 697); Arch. phys. nat. XXI, 219; Instit. 1852, 359; Dingl. pol. J. CXXVI, 295; Ann. Ch. Pharm. LXXXIV, 179.

Heliochromie.

Entwickelung der Heliochromie von Wichtigkeit zu sein. Wenn man die Platte nach dem Herausnehmen aus dem Bade trocknet, ohne sie so weit zu erwärmen, dafs sie ihre Färbung ändert, wenn man sie dann, bedeckt mit einem colorirten Bilde, nur kurze Zeit der Einwirkung des Lichtes aussetzt, so haben sich die Farben entweder gar nicht, oder nur einige derselben wenig sichtbar abgebildet. Dennoch sind sie sämmtlich in latentem Zustande vorhanden; denn wischt man die Platten sanft mit einem Baumwollenballen, welcher mit Ammoniak getränkt ist, so dafs man die oberste Schichte des Silberchlorürs wegnimmt, so erscheinen sämmtliche Farben, welche sich auf den dem metallischen Silber zunächst liegenden und nunmehr blofsgelegten Schichten abgebildet hatten.

Die Anwendung des Collodions in der Photographie.

Der bedeutendste Fortschritt in der Photographie während des Jahres 1852 besteht in der Anwendung des Collodions zur Anfertigung negativer Bilder. Die von Nièpce eingeführte Anwendung des Albumins liefs bezüglich der Feinheit und Zartheit des Bildes nichts zu wünschen übrig, aber die lange Zeit, welche für die Aussetzung in der dunklen Kammer erfordert wurde, beschränkte die Anwendung dieser Methode auf die Darstellung von Landschaften und architectonischen Gegenständen. Die Anwendung des Collodions durch Bingham (1) hat die Schönheit der Albuminbilder mit einer Empfindlichkeit für das Licht vereinigt, welche die der Daguerre'schen Platten noch übertrifft. Bingham hatte seine Erfindung schon im Jahr 1850 in einer besonderen Brochüre bekannt gemacht; er beschreibt nun die weiter ausgebildete Methode folgendermafsen: Das Collodion mufs aus reiner Schiefsbaumwolle dargestellt werden, welche keine Spur von Schwefelsäure oder Salpetersäure enthält. Es mufs einen solchen Grad von Flüssigkeit besitzen, dafs es sich leicht über die Oberfläche einer

(1) Compt. rend. XXXIV, 725; Dingl. pol. J. CXXV, 28; Ann. Ch. Pharm. LXXXIV, 173; J. pr. Chem. LVI, 485.

Glasplatte verbreitet. Ist die Lösung zu dick, so erhält man keine gleichmäfsige Fläche; ist sie zu dünnflüssig, so hat sie keine hinlängliche Empfindlichkeit gegen das Licht. Die Anwendung des Collodions in der Photographie.

Man bringt in ein Glas von 6 Unzen Gehalt 53 Gran Jodammonium, 2 Gran Fluorkalium und 4 bis 5 Tropfen destillirtes Wasser, welche das Jodammonium noch nicht vollständig auflösen dürfen; die vollständige Lösung geschieht erst durch das Collodion, womit man alsdann das Glas füllt. Nachdem man die Mischung mehrmals geschüttelt hat, läfst man sie stehen, bis sie klar und durchsichtig geworden ist; sie hat dann eine blafsgelbe Farbe angenommen, welche nur dann, wenn noch Spuren von Säure im Collodion vorhanden waren, in Folge der Zersetzung von Jodammonium in's Dunkelrothe übergeht.

Etwas weniger rasch, aber mit geringeren Schwierigkeiten verbunden, ist nach Bingham die Ausführung des folgenden Verfahrens:

In das Glas von 6 Unzen Gehalt bringt man 12 Gran Jodkalium und 7 bis 8 Gran Jodsilber, sodann einige Tropfen Wasser, um gerade das Jodkalium aufzulösen, und füllt endlich das Gefäfs mit dem flüssigen Collodion; nachdem man einigemal geschüttelt hat, läfst man die Mischung 2 bis 3 Tage ruhig stehen; sie wird vollkommen durchsichtig und ist von weifser, oder gewöhnlicher von blafsgelber Färbung.

Um die Glasplatte zu präpariren, befestigt man sie auf Gutta-Percha und putzt zuerst mit Ammoniak und Tripel, sodann mit Alkohol und Tripel mittelst Baumwollenballen, und prüft wie gewöhnlich durch Anhauchen. Ist die Platte vollkommen rein, so giefst man das Collodion auf, läfst es, indem man die Platte neigt, über alle Theile derselben sich verbreiten und den Ueberschufs der Flüssigkeit über eine Ecke in das Gefäfs zurücklaufen. Durch mehrmaliges Neigen der Platte in dem einen und anderen Sinne bringt man die streifige Beschaffenheit der flüssigen Schichte zur Ausgleichung. Ehe das Collodion Zeit hat zu trocknen, führt

Die Anwendung des Collodions in der Photographie.

man die Platte mit der präparirten Fläche zu unterst in ein Bad von salpeters. Silber ein, welches aus 40 Gran dieses Salzes auf eine Unze destillirten Wassers besteht. Die Oberfläche benetzt sich nicht sogleich, da der Aether Zeit braucht sich mit dem Wasser zu mischen. Nach etwa einer halben Minute sieht man die Platte sich mit einer gleichförmigen weifslichen Schichte überziehen; alsdann ist es Zeit, sie herauszunehmen und in den Rahmen der dunklen Kammer zu bringen. Bingham empfiehlt, bis zur Lichteinwirkung nicht mehr als höchstens eine Viertelstunde verfliefsen zu lassen; je eher man dazu schreite, um so besser.

Um ein gutes negatives Bild zu erhalten, braucht man bei Anwendung eines Voigtländer'schen Objectivs das Licht nur 3 bis 4 Secunden einwirken zu lassen, also nicht halb so lange als bei einer Daguerre'schen Platte. — Um das Bild zu entwickeln, giefst man möglichst rasch über die Oberfläche der Platte eine Lösung von 2 Theilen Pyrogallussäure und 60 Theilen reiner Essigsäure in 500 Theilen Wasser. Wenn die Lichtwirkung in der dunklen Kammer nicht hinreichend war, so kann man einige Tropfen salpeters. Silberlösung zufügen; gewöhnlich ist diefs aber nicht erforderlich.

Wenn das Bild nach etwa 2 Minuten gut entwickelt ist, wascht man es mit Wasser, fixirt es dann mit einer concentrirten Lösung von unterschwefligs. Natron, wascht abermals mit Wasser und trocknet über der Lampe oder an der Luft. Die äufserst zarte Schichte trocknet hart auf und legt sich wie Albumin fest an das Glas.

Man kann, wie Bingham angiebt, auch unmittelbar positive Bilder erhalten, welche bei gröfserer Kraft und Reinheit als die Daguerreotypen noch den Vorzug haben, von der lästigen Spiegelung frei zu sein. Zu diesem Zwecke mufs die Platte noch weit kürzere Zeit dem Lichte ausgesetzt bleiben, als zur Darstellung eines negativen Bildes. Die Entwickelung geschieht mit der Lösung von Pyrogal-

lussäure, welcher einige Tropfen salpeters. Silberlösung zugesetzt sind.

Die Anwendung des Collodions in der Photographie.

A. Martin (1) theilt ein Verfahren mit, welches unter Anwendung des Collodions eben so sicher als leicht zur directen Darstellung positiver Bilder führen soll: Man bereitet das Collodion, indem man 1 Grm. reiner Schiefsbaumwolle in einer Mischung von 120 Grm. Aether und 60 Grm. Alkohol löst; man setzt alsdann 1 Grm. salpeters. Silber zu, welches in 20 Grm. Alkohol gelöst mittelst Jodammoniums in Jodür umgewandelt ist.

Die Spiegelplatte wird mit einer dünnen Schichte dieser Lösung überzogen und sofort in ein Bad von 120 Theilen destillirten Wassers auf 10 Theile salpeters. Silbers und 6 Theile Salpetersäure eingetaucht. Nachdem die so präparirte Platte einige Secunden der Lichtwirkung in der dunklen Kammer ausgesetzt war, wird sie in ein Bad von schwefels. Eisenoxydul getaucht und sorgfältig abgewaschen. Das bis hierhin negative Bild verwandelt sich alsbald in ein positives, wenn man die Platte in ein Bad, bestehend aus 1 Liter Wasser auf 25 Grm. Cyankalium und 4 Grm. salpeters. Silber eintaucht. Nachdem das Bild nun nochmals gewaschen ist, wird es mit Dextrin überzogen, getrocknet und auf einem Grunde von schwarzem Sammet eingerahmt.

Da die Anwendung des Collodions den Gebrauch der Photographie zur Abbildung mikroscopischer Objecte sehr erleichtert und verbessert hat, die Anhäufung vieler Glasplatten aber in einer Sammlung von Abbildungen mifslich ist, so hat Dallas (2) ein Verfahren beschrieben, um die mit dem Bilde versehene Collodionschichte von den Spiegelplatten abzulösen und auf Papier zu befestigen.

(1) Compt. rend. XXXV, 29; Instit. 1852, 215; J. pr. Chem. LVII, 249; Dingl. pol. J. CXXV, 119; Ann. Ch. Pharm. LXXXIV, 176; Pharm. Centr. 1852, 713. — (2) Sill. Am. J. [2] XIV, 288.

Lichtbilder auf künstlichem Elfenbein.

Bouet und Mante (1) geben folgende Methode an, Lichtbilder auf Platten von künstlichem Elfenbein darzustellen. Die Platte wird zuvörderst mit sehr feinem Glaspapier abgerieben, um die Oberfläche von Fettigkeit zu befreien und für die Einsaugung der Flüssigkeit geeigneter zu machen. Zunächst erfolgt die Eintauchung in ein Bad von 20 Grm. Salmiak auf 120 Grm. reinen Wassers. Nachdem man die Platte wieder herausgenommen und hat abtropfen lassen, bringt man sie in ein zweites Bad von 40 Grm. salpeters. Silber auf 200 Grm. reinen Wassers. Die ganze Operation wird im Dunkeln vorgenommen und nachdem man getrocknet hat, setzt man die Platte entweder ohne Weiteres, oder auch nach vorhergehendem Poliren mit einem Baumwollenballen, Tripel und Alkohol, dem Lichte aus. Nachdem die Wirkung etwas weiter gegangen ist, als man sie beizubehalten wünscht, nimmt man die Platte heraus, wascht sie und fixirt mit einer Lösung von 20 Grm. unterschwefligs. Natron in 100 Grm. Wasser. Nachdem das Bild auf den rechten Ton zurückgegangen ist, wascht man nochmals und läfst dann die Feuchtigkeit an der Luft abdunsten. Ehe jedoch die Platte völlig trocken geworden ist, prefst man sie zwischen dünne Tafeln von weifsem Holze, damit sie beim völligen Austrocknen ihre ebene Form beibehält.

Photographie überhaupt.

Ein neues photographisches Verfahren beschrieb Müller (2); vermeintliche Verbesserungsvorschläge für die Darstellung von Photographieen auf Papier machte Rochas (3); ein Verfahren, Lichtbilder auf jodirten, mit Chlorschwefel behandelten Silberplatten darzustellen, beschrieb J. Natterer (4). — Eine Zusammenstellung einer grofsen Anzahl neuer photographischer Methoden als Auszug aus dem Journal »*la Lumière*« findet man in Quesneville's *Revue* (5).

---

(1) Compt. rend. XXXIV, 63; Instit. 1852, 36; Ann. Ch. Pharm. LXXXIV, 176. — (2) Chem. Gaz. 1851, Nr. 219; Dingl. pol. J. CXXIII, 313. — (3) Compt. rend. XXXIV, 250. — (4) Dingl. pol. J. CXXV, 25 aus Böttger's pol. Notizblatt, 1852, Nr. 3. — (5) Rev. scientif. industr. [4] I, 170. 249.

Th. du Moncel hat über den dynamischen Magnetismus (1), sowie über den Zusammenhang des statischen und dynamischen Magnetismus mit electrischen Strömen (2) theoretische Studien gemacht, durch welche, soweit die bis jetzt bekannt gewordenen Auszüge seiner Abhandlungen ein Urtheil erlauben, die Wissenschaft weder an Umfang noch an Klarheit gewonnen zu haben scheint. Magnetismus. Theoretisches.

Keine höhere Bedeutung läfst sich einigen neuen, ganz allgemein gehaltenen Untersuchungen von Snow Harris (3) über die Natur und die Gesetze der magnetischen Kraft beimessen.

Hamann (4), Mechaniker in Paris, empfiehlt als Methode, starke Stahlmagnete zu erzeugen, das Magnetisiren des Gufsstahls vor dem Härten. Wie er selbst dieses Verfahren in Anwendung bringt, ist nicht näher angegeben. Er bemerkt nur, dafs ein Stückchen englischen Flachstahls, 50mm lang, 3mm dick, in einem Holzkohlenfeuer bis zum Rothglühen erhitzt, dann mittelst eines kräftigen Magnets aus dem Feuer geholt und sogleich, noch an dem Magnete hängend, abgelöscht, hinlänglich magnetisch geworden sei, um das Zehnfache seines Gewichts zu tragen. Neue Magnetisirungsmethode.

Joule (5) beschreibt einen Electromagneten von folgender Einrichtung: Der Eisenkern besteht aus einer zu einem Halbkreise gebogenen Platte von 1 Zoll Dicke und 22 Zoll Länge. Seine Breite beträgt in der Mitte 12 Zoll, nimmt aber nach beiden Polflächen hin allmälig bis zu 3 Zoll ab. Diese so gestaltete Platte ist in ihrer ganzen Ausdehnung mit Kupferdraht bewickelt, in der Art, dafs die Drahtmasse nach der Mitte hin sich mehr und mehr anhäuft. Joule giebt verschiedene Belege für die bedeutende Kraftentwickelung, deren dieser Magnet fähig ist. Electromagnete. Eigenthümliche Constructionen.

(1) Compt. rend. XXXV, 54; Instit. 1852, 231. — (2) Compt. rend. XXXV, 354; Instit. 1852, 294. — (3) Instit. 1852, 101. — (4) Compt. rend. XXXIV, 478; Pogg. Ann. LXXXV, 464. — (5) Phil. Mag. [4] III, 32.

Electromagnete. Eigenthümliche Constructionen.

Gleichwohl zeigt ein ebenfalls von ihm selbst angestellter Versuch, dafs die beschriebene Anordnung keineswegs die geeignetste ist, um eine im Verhältnisse zum Kostenaufwande möglichst grofse Kraft an den Endflächen zu sammeln. Denn die Wirkung dieses Electromagnets auf eine entfernte Magnetnadel wurde kaum vermindert, als die beiden Pole durch Auflegen eines Eisenstabs von 14 Zoll Länge, 3 Zoll Breite und 1 Zoll Dicke geschlossen wurden.

Niklès (1) hat eine Art von doppelschenkligem Electromagnete ausgeführt, bei welchem der eine Schenkel den andern ganz oder theilweise umschliefst. Der zwischen dem äufseren und inneren Schenkel befindliche hohle Raum ist mit den Windungen ausgefüllt. Es ist klar, dafs bei dieser Anordnung die magnetische Kraft des Stroms auf beide Schenkel zugleich vertheilend einwirkt, dafs also die Drahtmasse des Gewindes in doppeltem Sinne benutzt wird.

Entwickelungszeit des Magnetismus.

Quet (2) hat interessante Versuche angestellt über die Zeit, welche erforderlich ist, um den Magnetismus des weichen Eisens, verhältnifsmäfsig zur Stärke der inducirenden Kraft, vollständig zu entwickeln. Die Enden eines Drahtgewindes, welches einen Kern von weichem Eisen umgab, führten zu dem Multiplicatorgewinde eines empfindlichen Galvanometers, doch so, dafs die dadurch gebildete Drahtleitung nach Willkür augenblicklich geschlossen oder geöffnet werden konnte. Während sie offen stand, ward dem Eisenkern ein Magnet rasch fast bis zur Berührung genähert. Als 5 Secunden später die Drahtverbindung geschlossen wurde, entstand ein starker Ausschlag der Nadel. Ablenkungen in gleichem Sinne, wiewohl stufenweise von abnehmender Stärke, entstanden unter gleichen Bedingungen selbst nach 15, 30, 45, ja sogar nach 60 Secunden. Während dieser ganzen Zeit waren also die Eisentheile noch in Bewegung, weil sonst die Erzeugung dieser Inductionsströme ganz unmöglich gewesen wäre.

(1) Ann. ch. phys. [3] XXXVII, 399; Instit. 1852, 396; Arch. ph. nat. XXIII, 82; Sill. Am. J. [2] XV, 104. 380. — (2) Compt. rend. XXXV, 749.

Ein ähnliches Verhalten zeigte sich, wenn der genäherte Magnet plötzlich wieder entfernt wurde, nur war, wie natürlich, die Richtung der inducirten Ströme jetzt die entgegengesetzte der vorhergehenden.

Abhängigkeit von der Gröfse der Scheidungskraft.

Gelegentlich einer Untersuchung über den Zusammenhang des Diamagnetismus mit dem Magnetismus und der Electricität hat W. Weber die Frage über die Abhängigkeit des in dünnen Eisendrähten durch electrische Ströme entwickelten Magnetismus von der Stromstärke einer auf sehr feine Messungen gegründeten Prüfung unterworfen (1). Er wählte zu diesen Versuchen einen Eisenstab von nur 3,66 Millimeter Dicke bei 100,2 Millimeter Länge und 8,19 Grm. Gewicht. Derselbe wurde in eine Spirale geschoben, welche bedeutend länger als er selbst war und ihn eng umschlofs. Man konnte so mit Sicherheit annehmen, dafs beim Eintritte des Stroms in die Windungen alle Theile dieses dünnen Eisenkerns einer ganz gleichen Scheidungskraft unterlagen. Der erzeugte Magnetismus wurde durch die von ihm aus der Ferne hervorgebrachte Ablenkung eines kleinen Spiegelmagnetometers gemessen. Die einzige Schwierigkeit bei dieser Mefsmethode besteht in der gehörigen Sonderung der vom Eisenmagnetismus und der von dem galvanischen Strom gemachten Wirkungen, indem die letzteren bei Anwendung dünner Stäbe gewöhnlich bedeutend gröfser ausfallen, als die ersteren. Diese Schwierigkeit hat aber Weber dadurch zu umgehen gewufst, dafs er den Spiraldraht mit noch zwei gröfseren Windungen in Verbindung setzte, durch welche der Strom in entgegengesetzter Richtung lief und die in passendem Abstande von dem Magnetometer so aufgestellt waren, dafs sie die Wirkung des Schraubendrahts auf die entfernte Nadel gerade aufhoben. Die ganze am Magnetometer beobachtete Wirkung rührte dann blofs von dem Eisenmagnetis-

(1) Abhandl. d. Königl. Sächs. Gesellsch. d. Wiss. 1852, 566; Pogg. Ann. LXXXVII, 183.

Abhängigkeit von der Gröfse der Scheidungskraft.

mus her. Auf diesem Wege hat nun Weber die früheren Beobachtungen von Müller, Feilitzsch (1) und Joule (2) bestätigt, und auf überzeugende Weise dargethan, dafs, allgemein gesprochen, der Eisenmagnetismus keineswegs der Gröfse der Scheidungskraft proportional ist, sondern mehr und mehr sich einem Maximum, einem Sättigungspunkte nähert. Denn es ist wohl einleuchtend, dafs dasjenige, was in dieser Beziehung für einen Eisendraht richtig ist, im Allgemeinen auch für Eisenkerne von jeder Dicke sich bewähren müfste, wenn man zu ihrer Magnetisirung Scheidungskräfte von hinlänglicher Stärke zur Verfügung hätte. Uebrigens steht dieser Satz, und diefs ist für die praktische Benutzung der Frage von der gröfsten Wichtigkeit, keineswegs im Widerspruche mit dem von Lenz und Jacobi entdeckten und von Buff und Zamminer bestätigten Gesetze der Proportionalität, in so fern man sich nur innerhalb der ziemlich weit gesteckten Grenzen der von jenen Physikern verwendeten Eisenstäbe und magnetisch zersetzenden Kräfte hält.

Koosen (3) hat die Abweichung der Magnetisirung des Eisens von der Proportionalität mit der Stromstärke ebenfalls zum Gegenstande einer Untersuchung gemacht. Sein Verfahren hat einige Aehnlichkeit mit dem vorherbeschriebenen. Er stellt nämlich die Tangentenbussole, welche zur Messung der Stromstärke dienen soll, sehr nahe an der Spirale auf, die den Eisenstab enthält, so dafs der Magnetismus des Electromagnets gleichzeitig mit dem durch den Ring der Bussole laufenden Strom auf die Magnetnadel einwirken mufs, leitet jedoch den Strom in solcher Richtung, dafs beide Wirkungen einander entgegengesetzt sind. Es hängt also jetzt nur von der richtigen Stellung des Electromagnets ab, um beide Wirkungen auf die Nadel einander gleich zu machen, d. h. es dahin zu bringen, dafs

(1) Vgl. Jahresber. f. 1850, 207. — (2) Vgl. Jahresber. f. 1851, 230. — (3) Pogg. Ann. LXXXV, 159.

die Nadel in ihre natürliche Ruhelage zurückkehrt. Hat man nun diese Stellung für eine gewisse Stromstärke aufgefunden, so darf sich dieselbe, wenn der Magnetismus der Scheidungskraft wirklich proportional ist, für andere Stromstärken nicht verändern. So ergab es sich nun auch in der That bei einem aus sehr weichem Eisen geschmiedeten Stab von 1 Zoll Durchmesser. Bei dünneren Stäben dagegen, insbesondere bei einem Eisendraht von 1 Linie Durchmesser, zeigten sich Abweichungen im Sinne einer allmäligen Annäherung an den magnetischen Sättigungspunkt. Abhängigkeit von der Gröfse der Scheidungskraft.

Nach Joule's (1) Beobachtungen wurde eine bedeutende Abweichung von der Proportionalität selbst schon bei einem Eisenstab von 1 Zoll Dicke und 3 Zoll Breite bemerklich, wenn derselbe gleichzeitig den beiden Polen eines kräftigen Electromagnets bis auf $\frac{1}{4}$ Zoll Entfernung genähert wurde. Die Stärke der Anziehung hätte nämlich unter Umständen verhältnifsmäfsig mit dem Quadrat der Stromstärke zunehmen müssen. Die wirkliche Zunahme war aber viel geringer.

Die Tragkraft hufeisenförmiger Electromagnete ist neuerdings von Dub (2) untersucht worden. Er hält für wahrscheinlich, dafs die unbefriedigenden Resultate, welche frühere Beobachter erhielten (3), hauptsächlich darin ihren Grund haben, dafs sie die Anker in unmittelbare Berührung mit den Magnetpolen brachten und wohl auch Eisenstäbe von zu geringer Dicke anwendeten. Mit Rücksicht hierauf benutzte er keine Hufeisen unter $\frac{1}{2}$ Zoll Dicke der Schenkel und brachte, um die unmittelbare Berührung zu verhindern, zwischen Polflächen und Anker ein Stück sehr starkes und glattes Papier, sogenanntes Bristolpapier. Die Hufeisen, deren Schenkel 4 bis 12 Zoll Länge und $\frac{1}{2}$ bis 2 Zoll Durchmesser hatten, waren ihrer ganzen Länge nach Tragkraft der Electromagnete.

(1) Phil. Mag. [4] III, 34. — (2) Pogg. Ann. LXXXVI, 542. — (3) Vgl. Pogg. Ann. XLVII, 411; Jahresber. f. 1850, 202; f. 1851, 225.

Tragkraft der Electromagnete.

mit Draht umwickelt, und standen mit den Polen nach Oben. Die Anker waren cylindrisch gedrehte Eisenstäbe, in der Mitte ihrer Länge mit einem Haken versehen, der beim Auflegen des Ankers so gerichtet werden mufs, dafs er sich in genau gleicher Entfernung von beiden Polflächen befindet. Das Abreifsen geschah mittelst eines Hebels, auf dem sich ein Laufgewicht verschieben liefs. Es ergab sich nun unter diesen Umständen, dafs die Tragkraft, ganz so wie diejenige eines einfachen Magnetpols, fast genau wie das Quadrat der Stromstärke zunahm.

Nur das dünnste Hufeisen von ½ Zoll Dicke machte eine Ausnahme. Dieses zeigte nämlich bei den gröfseren Stromstärken eine etwas langsamere Zunahme der Anziehung, als das erwähnte Gesetz verlangt.

Wenn die das ganze Hufeisen bedeckende Spirale aus zweien neben einander laufenden Drähten bestand, so dafs der Strom entweder nur durch den einen, oder auch durch beide, hintereinander zu einem einzigen Drahte von doppelter Länge verbunden, geleitet werden konnte, stand die Tragkraft im zusammengesetzten Verhältnisse zum Quadrate der Stromstärke mit dem Quadrate der Windungszahl. Denn die doppelte Anzahl Windungen bei einfacher Stromstärke war bei dieser Anordnung offenbar dasselbe, wie die doppelte Stromstärke bei unveränderter Windungszahl.

Hieraus folgt jedoch keineswegs, dafs die Tragkraft auf Abstand sich allgemein wie das Quadrat der Stromstärke multiplicirt mit dem Quadrate der Windungszahl verhalte. Letzteres ist sogar in der That nicht der Fall.

Wirkung in die Ferne.

Bei einer Vergleichung über die Stärke des Magnetismus, welchen der galvanische Strom im weichen Eisen hervorruft, mit dem, der unter gleichen Umständen im Stahl und Gufseisen erzeugt wird, fand J. Müller (1), dafs bei den von ihm gewählten Stäben (16,7 Centimeter lang, 6 Millimeter dick) der Magnetismus des ausgeglühten, sowie

(1) Pogg. Ann. LXXXV, 157.

des nach dem Härten bis zum Dunkelblau angelassenen Gufsstahls dem des Eisens ziemlich nahe kam. Der harte Stahl blieb dagegen weit zurück, und das Gufseisen zeigte ein noch weniger günstiges Verhältnifs. Natürlicher Weise gelten diese Resultate nur für die gewählten Stromstärken und Dimensionen der Stäbe. Für die Gröfse der ersteren läfst sich aus der Abhandlung ein genauer Anhalt nicht entnehmen. Wirkung in die Ferne.

Sabine (1) hat neue Mittheilungen gemacht über die schon seit dem Jahre 1843 regelmäfsig von Stunde zu Stunde angestellten magnetischen Beobachtungen zu Toronto und Hobarton. Die jetzt bekannt gewordenen Beobachtungen aus den Jahren 1846, 1847 und 1848 bestätigen die Annahme, welche Sabine aus den Resultaten der drei vorhergehenden Jahre gefolgert hatte, dafs nämlich die Störungen in den täglichen Variationen der Declination gewisse Perioden einhalten (2). Erdmagnetismus.

Aus der Vergleichung der Anzahl und Stärke der Störungen ergab sich von Jahr zu Jahr eine allmälige Zunahme sowohl der einen wie der andern. Nur das Jahr 1845 machte eine Ausnahme. In dem Zeitraume von 1846 bis 1848 kam im Mittel in Hobarton auf 9,43, in Toronto auf 10,55 Beobachtungen eine Störung.

Auch der mittlere Spielraum der täglichen Variationen der Declination zeigte in den 6 Jahren ein allmäliges Anwachsen, und zwar in Toronto von 8′,90 im Jahre 1843 bis zu 12′,04 im Jahre 1848; in Hobarton von 7′,66 bis zu 11′,43. Diese an fast entgegengesetzten Punkten der Erde gemachten, im Wesentlichen übereinstimmenden Erfahrungen bilden eine sehr merkwürdige Bestätigung der zuerst von Lamont gemachten Wahrnehmung, dafs die Gröfsen der Declinationsvariationen periodisch zu- und abnehmen (3). In München war während derselben Jahre

(1) Phil. Mag. [4] IV, 232; Instit. 1852, 398. — (2) Vgl. Jahresber. f. 1851, 231. — (3) Vgl. Jahresber. f. 1851, 230.

Erdmagnetismus.

eine progressive Zunahme von 7',82 bis zu 11',15 bemerkt worden.

Lamont (1) hat neuerdings gefunden, dafs die Gröfsen der Schwankungen der Horizontalintensität einem ähnlichen periodischen Wechsel unterworfen sind. Zu demselben Resultate ist Reslhuber (2) durch magnetische Beobachtungen geleitet worden, welche in Kremsmünster seit dem Jahre 1839 in ununterbrochener Reihe zu bestimmten Tagesstunden angestellt worden sind. Auch bestätigt derselbe die 10jährige Periode in dem Wechsel der Variationen.

Nach Beobachtungen Quetelet's (3) hat sich die Declination der Magnetnadel zu Brüssel seit dem Jahre 1827 bis 1852 von 22°28',8 bis zu 20°18',2 vermindert. Die Inclination hat in demselben Zeitraume von 25 Jahren von 68°56',5 auf 67°48',6 abgenommen.

Am 15., 16. und 17. Juli 1851, d. h. den Tag vor, während und nach der Sonnenfinsternifs, sind an vielen Punkten des Russischen Reichs magnetische Beobachtungen angestellt worden, welche Kupffer (4) gesammelt und verglichen hat. Sie boten nicht das geringste Aufsergewöhnliche dar.

Diamagnetismus. Magnetisches Verhalten der Elemente.

Zantedeschi (5) hat einen Bericht über die neueren Forschungen im Gebiete des Diamagnetismus gegeben, aus welchem wir nur die folgenden Angaben über das magnetische Verhalten der Elemente entnehmen :

(1) Pogg. Ann. LXXXVI, 88; Phil. Mag. [4] IV, 145; Arch. ph. nat. XXI, 130; Instit. 1852, 323. — (2) Pogg. Ann. LXXXV, 412; Phil. Mag. [4] IV, 219; Arch. ph. nat. XXI, 312. — (3) Instit. 1852, 275; Pogg. Ann. LXXXVIII, 570. — (4) Petersb. Acad. Bull. X, 351. — (5) Giornale Fisico-Chimico italiano del 1852.

Magnetische Elemente:		Diamagnetische Elemente:	
Sauerstoff	Palladium	Wasserstoff	Zirkonium
Eisen	Titan	Kohlenstoff	Baryum
Nickel	Cerium	Stickstoff	Strontium
Kobalt	Selen (Pogg. diam.)	Schwefel	Molybdän
Kupfer (Far. diam.) (1)	Silber (Far. diam.)	Phosphor	Wolfram
Osmium	Cadmium (Far. diam.)	Jod	Quecksilber
Iridium (Far. diam.)	Zinn (Far. diam.)	Brom	Blei
Rhodium (Far. diam.)	Gold (Far. diam.)	Chlor	Tellur
Uran (Far. diam.)	Beryllium	Bor	Tantal
Mangan	Lanthan	Natrium	Magnesium
Chrom	Yttrium	Kalium	Calcium
Zink (Far. diam.)	Silicium	Antimon	Niobium
Arsen (Far. diam.)	Aluminium	Wismuth	Pelopium
Platin			

Beziehung zur Farbe der Körper.

R. Adie (2) glaubt, trotz vielfacher von ihm selbst aufgefundener Ausnahmen, immer noch an einen Zusammenhang zwischen der Farbe und der magnetischen Natur der Körper. Die magnetischen Substanzen sollen im Allgemeinen mehr von dunkler, die diamagnetischen von heller Färbung sein.

Verhalten magnetischer Körper in hoher Temperatur und bei starkem Drucke.

Matteucci (3) hat eine Untersuchung angestellt über die Aenderung der magnetischen Kraft verschiedener Körper in sehr hoher Temperatur und unter starkem Druck. Der erstere Umstand wirkte schwächend (der Magnetismus des Eisens bei seinem Schmelzpunkt soll 15 Millionenmal geringer sein), der letztere verstärkend. Auch mit der Untersuchung der Beziehungen zwischen dem magnetischen Verhalten einer Verbindung und demjenigen ihrer Bestandtheile hat Matteucci sich beschäftigt.

Gesetz der diamagnetischen Abstofsung.

Joule (4) hat, indem er zwischen den beiden Polen eines Electromagneten einen Wismuthcylinder an einem Seidefaden aufgehangen schwingen liefs und successive die Stromkraft verstärkte, das von E. Becquerel (5) und Tyndall (6) auf verschiedenen Wegen bereits festgestellte

(1) Dieser Zusatz bedeutet, dafs Faraday den Körper als einen diamagnetischen bestimmt hat. — (2) Phil. Mag. [4] IV, 451; vgl. Jahresber. f. 1851, 239. — (3) Instit. 1852, 380. — (4) Phil. Mag. [4] III, 34. — (5) Jahresber. f. 1850, 219. — (6) Jahresber. f. 1851, 259.

Gesetz bestätigt, dafs die diamagnetische Repulsion sich dem Quadrat der Stromkraft proportional verhält.

Magnetische Kraftlinien.

In der 28. Reihe seiner Experimentaluntersuchungen hat Faraday (1) sich die Aufgabe gestellt, die Vertheilung der von ihm sogenannten magnetischen Kraftlinien an einzelnen Magnetstäben oder in irgend einem mit magnetischer Kraft begabten Felde durch die inducirende Wirkung auf einen metallischen Leiter zu prüfen, welcher mit einem Galvanometer einen geschlossenen Kreis bildete. Er zeigt, wie der inducirte Strom, wenn der Leiter rechtwinklig gegen seine eigene Länge und gegen die Richtung der Kraftlinien bewegt werde, der Anzahl der von dem Leiter durchschnittenen Kraftlinien und der Geschwindigkeit der Bewegung direct, dem Leitungswiderstande aber umgekehrt proportional sei, und bemerkt, dafs diese Prüfungsart den Vorzug habe, auch noch in einem magnetischen Felde von durchaus gleicher Intensität anwendbar zu sein, wo eine Prüfungsnadel keine Dienste mehr leiste.

Die meisten Resultate, welche Faraday erhielt, indem er Magnetstäbe in der Nähe eines mit dem Galvanometer verbundenen Leitungsdrahts, oder diesen Draht in der Nähe ruhender Magnetstäbe, oder endlich beide vereint rotiren liefs, oder indem er Metallscheiben, deren Mittelpunkt und Rand von Leitungsdrähten berührt wurden, zwischen den beiden Armen eines Hufeisenmagneten sich drehen liefs, dürften aus den bekannten Inductionsgesetzen, verbunden mit der Anwendung des Ohm'schen Gesetzes, ohne Schwierigkeit sich vorhersehen lassen. Neu ist dagegen die Auffassung dieser Thatsachen Behufs der Darlegung des Verlaufs der magnetischen Kraftlinien. Faraday schliefst aus zahlreichen interessanten Experimenten, welche im Einzelnen wiederzugeben der Raum nicht gestattet, dafs die Kraftlinien, welche am Dichtesten von dem Pole eines Magnetstabes

(1) Phil. Trans. 1852, Part I; im Ausz. Phil. Mag. [4] III, 67; Instit. 1852, 142; Arch. ph. nat. XIX, 54; Pogg. Ann. Ergänzungsb. III, 535.

ausgehen, sich über den Aequator hinziehen und nach dem entgegengesetzten Pole verlaufen, auch im Innern des Magneten zu geschlossenen Curven sich fortsetzen. — Jedesmal, wenn ein Leiter *in der Richtung* einer Kraftlinie selbst bewegt wurde, *trat* nicht die mindeste inducirende Wirkung ein, so z. B. wenn die Ebene der rotirenden Scheibe in die *axiale* Richtung eines Hufeisenmagneten gebracht wurde; *die* stärkste Wirkung beobachtete Faraday immer dann, wenn der bewegte Leiter die Kraftlinien rechtwinklig schnitt. — Folgende Messungen der Ablenkungen am Galvanometer, welche mit ganz gleichgestalteten Drähten unter gleicher Inductionseinwirkung erhalten wurden, können als relative Werthe der electrischen Leitfähigkeit dienen: Magnetische Kraftlinien.

			Erste Reihe	Zweite Reihe
Kupfer	63°,0	Zinn	19°,1	37°,1
Silber	61°,9	Eisen	18°,0	34°,8
Zink	31°,5	Platin	16°,9	—
		Blei	12°,1	25°,4

In der 29. Reihe seiner Experimentaluntersuchungen, welche uns nur auszugsweise vorliegt, hat Faraday (1) den inducirenden Einflufs der Kraftlinien des Erdmagnetismus untersucht. *Er liefs Kupferdrähte*, welche zu Quadraten oder Rechtecken von verschiedenem Flächeninhalt umgebogen waren, um eine Axe rotiren, welche rechtwinklig gegen die Resultante des Erdmagnetismus stand, und sorgte durch gehörig angebrachte Commutation dafür, dafs die bei einer Drehung entstehenden Ströme im Galvanometer in einerlei Sinn umliefen. Die Wirkung war der Fläche der Quadrate oder der Rechtecke, also der Menge der von ihnen durchschnittenen Kraftlinien proportional. Die Versuche mit Drähten von verschiedener Dicke, und mit Rechtecken von verschiedener Windungszahl fallen unter das Ohm'sche Gesetz und bedürfen daher hier keiner ausführlicheren Erwähnung.

(1) Phil. Mag. [4] III, 309; Instit. 1852, 209; Arch. ph. nat. XX, 141; Pogg. Ann. Ergänzungsb. III, 542.

Magnetische Kraftlinien.

Die Versuche, welche Faraday hierauf mittelst seiner Inductionsschleifen über die Einwirkung anstellte, welche die Kraftlinien eines Magneten bei Annäherung durch andere Magnete erleiden, führten ihn zu Schlüssen, welche er in folgenden Worten ausdrückt: »Bei vollkommen harten, unveränderlichen Magneten gehen die Kraftlinien verschiedener vortheilhaft gegeneinander gelegter Stäbe zusammen, so dafs durch diese Vereinigung eine Vermehrung ihrer Totalkraft nicht entsteht; die Querschnitte zwischen den verbundenen Polen geben die nämliche Kraftsumme, wie die Querschnitte durch die Kraftlinien der einzelnen Stäbe; weder die äufsere, noch die innere Kraft des Magneten ist vermehrt. Die Vermehrung der magnetischen Einwirkung auf ein Stück weichen Eisens oder eine Nadel, welche zwischen zwei entgegengesetzten Polen angebracht sind, schreibt sich von einer Verdichtung der vorher lichter geordneten Kraftlinien und nicht daher, dafs die Kraftlinien des einen Magneten zu denjenigen des anderen hinzugetreten sind. Eine Kraftlinie wird nicht dadurch stärker, dafs sie mit der Kraftlinie eines anderen Magneten zusammentritt. Somit besteht in dieser, wie in anderen Beziehungen eine vollkommene Analogie zwischen einem Magneten und der Volta'schen Säule.« Diese Schlüsse sind an sich merkwürdig und interessant genug, um zum Studium der sie begründenden Experimente aufzufordern, deren Beschreibung wir hier nicht wiedergeben konnten.

In einer weiteren Arbeit (1) vertheidigt Faraday, wenn auch nicht als förmliche Behauptung, die Annahme magnetischer Kraftlinien, nicht nur als eine abstracte Vorstellung, sondern als den realen physikalischen Hergang der Ausbreitung magnetischer Kraft. Es kann uns nicht zukommen, über den Werth einer Ansicht abzuurtheilen, welche von einem so genialen Forscher aufgestellt wird. Nur so viel erlauben wir uns zu bemerken, dafs keine Thatsache ange-

(1) Phil. Mag. [4] III, 401.

führt wird, deren Verständnifs nach den seither auf die magnetischen Kräfte angewendeten Begriffen nicht wenigstens mit gleicher Leichtigkeit erfolgte, so dafs der Uebergang zu einer neuen Vorstellungsweise mehr noch als eine Sache der Vorliebe, denn von der Nothwendigkeit geboten erscheint. Faraday nimmt an, dafs das den Magneten umgebende Medium die magnetische Kraft in der That in krummen Linien leite, ähnlich wie die Kraft einer in Wasser versenkten galvanischen Batterie, oder eines in Wasser sich entladenden electrischen Fisches in unzähligen Bahnen von einem Pole zum anderen überströme. Auch der leere Raum, welchen Faraday bezüglich seiner magnetischen Eigenschaften auf die Grenze zwischen die diamagnetischen und paramagnetischen Körper stellt, leitet die magnetische Kraft. Wie die diamagnetischen Körper als schlechtere Leiter die Kraftlinien eines magnetischen Feldes nach der Ansicht des genannten Forschers verdünnen, die magnetischen dagegen jene Linien in ihrer Masse verdichten sollen, ist bereits im vorjährigen Berichte (1) erörtert. Magnetische Kraftlinien.

Faraday bespricht alle Klassen magnetischer, magnetelectrischer und electromagnetischer Erscheinungen von dem Standpunkte seiner neuen Theorie. Dafs electrische Kraftlinien (Ströme) nach Ampère's und Davy's Entdeckung stets das Bestreben hätten, sich zu verlängern, dagegen parallel und in einerlei Sinn nebeneinander geordneten magnetischen Kraftlinien das Bestreben seitlicher Abstofsung innewohne, erkenne man als Wirkungen in gleicher Richtung, wenn man bedenke, dafs jene beiden Klassen von Kraftlinien rechtwinklig gegeneinander geordnet seien. Da in einem Kupferdraht, welcher in der Nähe eines Magneten bewegt wird, bei geschlossenem Kreise ein Strom entsteht, so glaubt Faraday, es müsse zwischen dem Magneten und dem Drahte, schon vor der Bewegung, oder zwischen dem Magneten und dem nicht zum Kreise ge-

(1) Jahresber. f. 1851, 253 f.

schlossenen Drahte eine Beziehung bestehen, welche er mit dem Namen des electrotonischen Zustandes belegt.

Diamagnetische Polarität und Induction. Theorie des Diamagnetismus.

Die Lehre vom Diamagnetismus ist im Jahre 1852 zwar nicht durch eigentlich neue Thatsachen bereichert, dagegen aber durch eine ausgezeichnete Untersuchung W. Weber's (1) dem provisorischen Stadium, in welchem sich diese Lehre in mancher Beziehung noch befand, entrückt und den übrigen Disciplinen des Magnetismus und der Electricität würdig an die Seite gestellt worden. Weber hat die diamagnetische Polarität, deren Existenz namentlich Faraday (2) in den letzten Jahren bestritten hatte, aufser Zweifel gestellt und mit gleicher Sicherheit die Existenz diamagnetischer Inductionsströme nachgewiesen. Beide Wirkungen fand er denen des Eisenmagnetismus entgegengesetzt und, indem er eine gemeinsame Theorie dieser Erscheinungen aufzustellen versuchte, gelangte er zu dem Schlusse, dafs die Annahme geschiedener, oder ins Uebestimmte scheidbarer magnetischer Flüssigkeiten in den magnetischen und diamagnetischen Körpern aufzugeben und die Ampère'sche Hypothese der Molecularströme, als die zur Erklärung *aller* bekannten magnetischen Phänomene allein ausreichende, fortan rückhaltlos anzunehmen sei. Das hohe Interesse, welches die Weber'sche Arbeit in den gedachten Beziehungen bietet, wird noch vermehrt durch die genauen Mafsbestimmungen, mittelst deren der genannte Forscher die magnetischen und diamagnetischen Kräfte mit einander verglichen hat.

Um die Wirkung eines Electrodiamagnets auf eine Magnetnadel zu beobachten, wandte Weber ein kleines, nach der Gaufs'schen Methode mit Spiegel, Fernrohr und

(1) Abhandl. der mathem.-phys. Klasse der Königl. Sächs. Acad. d. Wissensch. Bd. I, 483. Auch besonders unter dem Titel: Electrodynam. Mafsbestimmungen, insbesondere über Diamagnetismus. Im Auszuge des Verfassers: Pogg. Ann. LXXXVII, 145; in weiterem Ausz. Ann. Ch. Pharm. LXXXIV, 180. — (2) Jahresber. f. 1850, 221.

Scale versehenes Magnetometer an, mit Hülfe dessen noch Ablenkungen von einzelnen Bogenminuten beobachtet werden konnten. Die Empfindlichkeit der 1 Decimeter langen Nadel war durch einen im Meridian aufgestellten Magnetstab bedeutend erhöht. Mittelst eines Dämpfers konnte eine Abnahme der Schwingungsbogen im Verhältnifs von 3 : 2 bewirkt werden. Der Electrodiamagnet bestand aus zwei gleichen Wismuthcylindern, 92 Millimeter lang, 16 Millimeter dick, zusammen 343,5 Grm. schwer. Sie waren an einem Querstäbchen in 100 Millimeter Abstand von einander so aufgehängt, dafs sie gleichzeitig in zwei vertical stehende Kupferspiralen eingesenkt und darin um ihre ganze Länge verschoben werden konnten, ohne auch nur theilweise die Spirale zu verlassen. Die Drähte bildeten die 190 Millimeter langen Spiralen in 4 Lagen, jede zu 146 Umwindungen, und waren so verbunden, dafs der von 6 Grove'schen Bechern ausgehende Strom die beiden Spiralen in entgegengesetztem Sinne durchlief, also an und für sich keine Wirkung auf die zwischen beiden Spiralen in ihrer halben Höhe aufgehangene Magnetometernadel äufsern konnte. Die Ablenkung, welche das gerade, auf die Verbindungslinie der Axen beider Spiralen fallende Südende jener Nadel erlitt, wenn der Strom in Gang gesetzt wurde, konnte daher nur von den Wismuthcylindern herrühren, welche in Electrodiamagnete verwandelt wurden. Diese Cylinder wurden abwechselnd so gehoben und gesenkt, dafs zuerst ihr unteres, dann ihr oberes Ende in gleiche Höhe mit der Magnetometernadel kam, und da sie immer ganz von der Spirale umschlossen blieben, konnte weder eine Aenderung in der Stärke ihres Diamagnetismus, noch konnten die von Faraday in der angeführten Abhandlung ausführlich betrachteten Inductionswirkungen eintreten. Mit der Hebung und Senkung der Wismuthcylinder wechselte jedesmal der Sinn der auf die Nadel wirkenden Kraft, und es konnte der Tact der Bewegung in der Art der Schwingungsdauer der Nadel ange-

Diamagnetische Polarität und Induction. Theorie des Diamagnetismus.

Diamagnetische Polarität und Induction. Theorie des Diamagnetismus.

pafst werden, dafs die Wirkungen sich bis zu einem durch die Dämpfung bedingten Grenzwerthe summirten. Dieser Grenzwerth, welcher sich aus allen nach einander beobachteten Schwingungsbogen bei bekannter Dämpfung mit grofser Schärfe berechnen läfst, ist ein Mafs der Stärke des Electrodiamagnetismus der Wismuthstäbe.

Der Grenzwerth ergab sich im Mittel aus fünf, von verschiedenen Beobachtern angestellten Versuchsreihen $= -50{,}9$ Scalentheile, und daraus berechnet Weber mit Hülfe der in seiner früheren Abhandlung über electrodynamische Mafsbestimmungen (1) aufgestellten Formel die der Gleichgewichtslage entsprechende Ablenkung der Nadel $E = -5{,}17$ Scalentheile.

Zur Vergleichung wurde nun ein einzelnes Eisenstäbchen, von gleicher Länge mit den Wismuthcylindern, aber von nur 5,8 Milligrm. Gewicht, in eine Spirale eingesenkt und die einfache Ablenkung beobachtet. Sie war, unter sonst gleichen Umständen, stets derjenigen des Wismuths entgegengerichtet und betrug im Mittel $+ 128{,}4$ Scalentheile. Eine dem Eisenmagnetismus entgegengesetzte und zwar dauernde (nicht blofs auf einem Inductionsstofse beruhende) Polarität diamagnetischer Körper ist hiermit unzweifelhaft dargethan und, reducirt auf gleiche Massen, erweist sich der Diamagnetismus des Wismuths 1·470·000 mal schwächer, als der Magnetismus des Eisens.

Weber hat den beschriebenen electrodiamagnetischen Mefsapparat, ohne seiner Empfindlichkeit Eintrag zu thun, noch dadurch vereinfacht, dafs er die Nadel hufeisenförmig bog und somit eine gleiche Wirkung mit nur Einer, zwischen den Polenden aufgestellten Spirale erreichen konnte.

Die Induction diamagnetelectrischer Ströme ist zwar schon vor mehreren Jahren von Weber (2) nachgewiesen worden; der neue Apparat aber, welchen er in der vorlie-

(1) Abhandl. der Sächs. Gesellsch. der Wissensch. Bd. I, 348. — (2) Jahresber. f. 1847 u. 1848, 262.

genden Untersuchung angewendet hat, gab nicht nur eine kräftigere, deutlicher zu beobachtende Wirkung, sondern gestattete zugleich exacte Messung. — Ein Wismuthcylinder von 186 Millimeter Länge und 339,3 Grm. Gewicht wurde mittelst einer Hebel- und Kurbelvorrichtung innerhalb einer Inductionsspirale von 383 Millimeter Länge (bestehend aus 3 Lagen von 1 Millimeter dickem Kupferdraht, jede Lage zu 294 Umwindungen) hin- und herbewegt, während eine weitere um jene erstere gewundene Spirale (383 Millimeter lang, 8 Lagen von 2,3 Millimeter dickem Kupferdraht, jede Lage zu 120 Windungen) den Wismuthcylinder in einen Electrodiamagneten verwandelte, mittelst eines Stromes, welcher von 8 Bunsen'schen Kohlenzinkbechern ausging. Wenn der Wismuthcylinder von der Mitte nach dem einen Ende der Spirale bewegt wird, so würde die von seinem nördlichen Ende in der einen Hälfte derselben ausgeübte Wirkung der von seinem südlichen Ende in der andern Hälfte ausgeübten gerade entgegengesetzt sein, wenn die Windungen der Spirale durchaus in einerlei Sinn liefen. Weber liefs die Windungen der einen Hälfte in entgegengesetztem Sinne gehen, wie die der andern, und erhielt somit eine Summirung jener beiden Wirkungen. Zugleich ist hierdurch der Zweck erreicht, dafs etwaige Aenderungen in der Stärke des in der äufsern Spirale umlaufenden Stromes keine inducirende Wirkungen auf die innere Spirale äufsern konnten; übrigens wurde die Stromstärke an einer zweckmäfsig aufgestellten Boussole controlirt. — Da bei dem Hin- und Hergang des Wismuthcylinders entgegengesetzte Ströme inducirt werden, so mufste mit der Kurbelbewegung zugleich ein rotirender Commutator verbunden werden, um diese abwechselnden Ströme in einerlei Richtung durch das Magnetometer zu leiten. Ein Hülfscommutator diente endlich, diese Stromrichtung nach Belieben umzukehren. Weber bemerkt noch, dafs er es vorgezogen habe, die Induction mehr durch die Beschleunigung der Drehungen des Ra-

Diamagnetische Polarität und Induction. Theorie des Diamagnetismus.

Diamagnetische Polarität und Induction. Theorie des Diamagnetismus.

des, als durch Vergröfserung der Bahn des Wismuthcylinders zu verstärken, um sicher zu sein, dafs nicht der Diamagnetismus des Wismuthcylinders während der Bewegung geändert oder in ihm als Leiter ein Strom inducirt werde. Ferner habe er die am rotirenden Commutator auftretenden thermomagnetischen Ströme dadurch geschwächt, dafs er nur gleiche Metalle aneinander reiben liefs; den Rest dieser Ströme habe er in Rechnung genommen, nach einer vorläufigen Bestimmung, bei welcher der Apparat ohne den Wismuthcylinder in Bewegung gesetzt wurde.

Das Magnetometer war in hinreichendem Abstande und in solcher Orientirung aufgestellt, um keine unmittelbare Einwirkung von dem Strome der galvanischen Säule zu erfahren. Die Richtkraft der 20 Millimeter langen Nadel war durch einen compensirenden Magnetstab sehr geschwächt.

Geschah die Drehung der Kurbel tactmäfsig nach dem Schlage einer Pendeluhr, so durchlief der Wismuthstab in jeder Secunde seine Bahn 10,58mal. So lange der Hülfscommutator eine bestimmte Stellung beibehielt, wurde die Nadel nach Einer Seite hingetrieben; durch richtig abgemessenes Wechseln jenes Commutators konnte man die Ablenkung der Nadel bis zu einem von der Dämpfung abhängigen Grenzwerth multipliciren. Er betrug bei Anwendung des Wismuthcylinders von 339,3 Grm. Gewicht im Mittel aus mehreren Beobachtungsreihen + 12,644 Scalentheile. Die Ablenkung durch die Induction eines Eisenstabes von nur 790,9 Milligrm. Gewicht war erheblich stärker, so dafs es zweckmäfsig war, nur immer Einen Inductionsstofs anzuwenden, wenn die Nadel gerade durch die Ruhelage ging. Der erreichte Grenzwerth = − 83,49 ist nur dann mit dem durch das Wismuth erhaltenen vergleichbar, wenn man letzteren unter der Annahme reducirt, dafs sämmtliche während einer Schwingungsdauer gegebene Inductionsstöfse gleichzeitig beim Durchgange der Nadel durch die Ruhelage gewirkt hätten. Man erhält

auf diese Weise im Mittel aller Versuche das Verhältnifs + 16,956 : — 83,49. Die Intensität der vom Wismuthstabe und Eisenstabe inducirten Ströme verhält sich jenen Grenzwerthen direct proportional und umgekehrt proportional der Zahl der Inductionsstöfse während Einer Schwingung, welche letztere, da die Galvanometernadel eine Schwingungsdauer von 20,437 Secunden hatte, für Wismuth und Eisen, wie 10,58 . 20,437 : 1, also wie 216,2 : 1 sich verhielt. Man hat also ein Intensitätsverhältnifs von 16,956 : 83,49 . 216,2 = 1 : 1064,5, und für gleiche Gewichte, wie 1 : 456·700.

Diamagnetische Polarität und Induction. Theorie des Diamagnetismus.

Diese Zahl scheint mit dem oben gefundenen Verhältnifs 1 : 1·470·000 schlecht zu stimmen. Als Weber den zu den Inductionsversuchen angewendeten Wismuthcylinder halbirte und die Hälften in dem oben beschriebenen Apparate als Electrodiamagnete anwendete, so zeigten sie eine im Verhältnifs von 1266 : 1000 stärkere Wirkung, als die früher gebrauchte Wismuthmasse. Danach würden die Inductionsversuche bei gleicher diamagnetischer Qualität des Wismuths nur ein Verhältnifs der diamagnetischen Wirkung zum Eisenmagnetismus, wie 1 : 360740 ergeben haben. *Allein die electromagnetische Scheidungskraft des Inductionsapparates war 4,8 gröfser, als diejenige des Electrodiamagnetes*, und dieser Ueberschufs kam nach Weber's Ansicht nur dem Wismuth und nicht dem Eisen zu Statten, welches durch jene schwächere Scheidungskraft schon dem Maximum seines Magnetismus nahe gebracht war (vgl. oben S. 223 f.); daher wird das zuletzt gefundene Verhältnifs erst mit dem früher gefundenen vergleichbar, wenn man es mit 4,8 multiplicirt; und man erhält in dieser Weise 1 : 4,8 . 360·740 = 1 : 1·731·560; ein Resultat, welches sich noch um etwa 17 bis 18 pC. von dem aus den electrodiamagnetischen Versuchen abgeleiteten unterscheidet. Zudem bemerkt Weber, dafs der Unterschied durch eine genauere Ermittelung des unter beiden Umständen entwickelten Eisenmagnetismus auf 8 pC. herabgehe, indem man dann für

Diamagnetische Polarität und Induction. Theorie des Diamagnetismus.

die Inductionsversuche das Verhältnifs von 1 : 1·596·000 finde.

Die Kritik, welche Weber von den schon oben citirten Versuchen Faraday's (1) giebt, woraus dieser grofse Naturforscher auf das Nichtvorhandensein einer eigentlich diamagnetischen Polarität schlofs, geht dahin, dafs die bei jenen Versuchen angewendeten Mefswerkzeuge nicht die genügende Feinheit und Empfindlichkeit besessen hätten. Ohne ein nach Gaufs'schen Principien construirtes Galvanometer würden, wie Weber glaubt, alle die Versuche, über welche wir so eben berichtet haben, ohne sicheres Resultat geblieben sein.

Auch der von Feilitzsch (2) aufgestellten Theorie des Diamagnetismus, wonach die magnetischen Pole der Wismuththeilchen gleichgerichtet mit denjenigen im magnetischen Eisen, und der Diamagnetismus nur darauf beruhen sollte, dafs die Intensität des entwickelten Magnetismus im Wismuth an den Enden, im Eisen in der Mitte stärker sei, widmet Weber eine Kritik. Er bemerkt, dafs Feilitzsch bei gehöriger Würdigung des unmittelbar an den Endflächen entwickelten Magnetismus nicht zu dem Trugschlusse hätte gelangen können, dafs der Diamagnetismus mit einer gleichen Richtung der magnetischen Theilchen, wie im Eisen, verträglich sei. Den scheinbar bestätigenden Versuch, bei welchem Feilitzsch bemerkte, dafs ein in eine Spirale geschobenes Wismuthstäbchen eine Galvanometernadel in gleichem Sinne wie das Eisen ablenkte, erklärt Weber aus dem abkühlenden Einflufs des Wismuths auf die erwärmte Spirale und eine dadurch hervorgerufene Verstärkung des Stroms. Da vorher die Wirkung der Spirale auf die Nadel durch einen andrerseits angebrachten Magnetstab gerade äquilibrirt war, so mufste in Folge des angegebenen Umstandes eine Ablenkung wie durch Eisenmagnetismus eintreten.

(1) Jahresber. f. 1850, 221. — (2) Jahresber. f. 1851, 242.

Diamagnetische Polarität und Induction. Theorie des Diamagnetismus.

Zum Eingang seiner theoretischen Betrachtungen über den Diamagnetismus macht Weber zunächst noch einmal auf die zwei wesentlichsten Charactere desselben gegenüber dem Magnetismus aufmerksam, bestehend in der entgegengesetzten Polarität und in dem Umstand, dafs es keine dauernden Diamagnete giebt. Er untersucht alsdann, in wie weit sich diese Eigenthümlichkeiten aus den denkbaren Ursachen magnetischer Erscheinungen erklären lassen, welche er in folgender Weise classificirt :

1) Zwei magnetische Fluida, welche unabhängig von ihren ponderabeln Trägern beweglich sind.

2) Zwei magnetische Fluida, welche nur mit den Molecülen ihres ponderablen Trägers beweglich sind (drehbare Molecularmagnete).

3) Beharrliche, von den beiden electrischen Flüssigkeiten gebildete Molecularströme, welche mit den Molecülen drehbar sind.

4) Die Existenz zweier beweglicher electrischer Fluida, welche in Molecularströmung versetzt werden können.

Man findet leicht, dafs die drei ersten Hypothesen alle bisher an beharrlichen oder inducirten Magneten beobachteten Erscheinungen gleich gut erklären, aber auch sämmtlich zu dem Schlusse führen, dafs unter Einwirkung äufserer Scheidungskraft jedesmal die dem Eisen eigenthümliche Polarität entstehen müsse. Die specifisch diamagnetischen Erscheinungen aber sprechen nach Weber's Ansicht eben so entscheidend für die Annahme von Molecularströmen, und zwar insbesondere noch solcher von veränderlicher Stärke (Nr. 4), wie die Interferenzerscheinungen einst für die Wellentheorie des Lichtes entschieden haben. Es ist bekannt, dafs ein fester electrischer Kreisstrom einen beweglichen so zu richten strebt, dafs die Stromrichtung in beiden nach einerlei Sinn geht. Nimmt man daher mit Ampère in dem Eisen dauernde, durch keinen Widerstand geschwächte Molecularströme an, deren Ebenen aber im unmagnetischen Zustande des Eisens verworren durch-

Diamagnetische Polarität und Induction. Theorie des Diamagnetismus.

einander liegen, so sieht man ein, wie eine Magnetisirungsspirale ordnend auf dieselben wirken mufs und warum der Eisenkern seine Pole in gleichem Sinne kehrt, wie die Spirale. — Es ist aber auch ferner bekannt, dafs ein Kreisstrom in einem kreisförmigen Leiter, welchem er genähert wird, oder auch bei Zunahme der Stromstärke, während er gleichen Abstand von dem Leiter behält, oder endlich bei gleichzeitiger Annäherung und Verstärkung des Stroms, einen ihm selbst entgegengesetzten Strom inducirt. Denkt man sich daher die innere Constitution des Wismuths der Art, dafs sich electrische, um die Molecüle gehende Kreisströme bilden können, welche, einmal entstanden, durch keine in dem Körper liegende Ursache, sondern nur durch äufsere inducirende Kräfte in ihrer Intensität geändert werden können; nimmt man ferner an, dafs die Wismuththeilchen nicht so leicht drehbar sind, um eine Richtung der Kanäle, in welchen die Molecularströme kreisen, ähnlich wie bei dem Eisen zu gestatten, so erklärt sich die entgegengesetzte Polarität des Wismuths und der diamagnetischen Körper überhaupt in befriedigender Weise. Man sieht, dafs diese Theorie nur eine weitere Entwickelung des Gedankens ist, welchen Weber (1) schon in einer vor mehreren Jahren publicirten Arbeit ausgesprochen hatte.

Das Verschwinden des Magnetismus im Eisen bei Unterbrechung des Stromes oder Entfernung des inducirenden Magneten denkt man sich bedingt durch die Molecularkräfte, welche die zahllosen Kreisströme in die verworrene Lage zurückversetzen, aus welcher sie allein durch die äufsere Kraft gerissen worden waren. Der Diamagnetismus des Wismuths verschwindet, weil es nicht möglich ist, die Molecularströme, welche einmal eingeleitet für sich fortdauern würden, der Sphäre der äufseren Scheidungskraft zu entrücken, ohne dafs sie durch eine entgegengesetzte Induction zernichtet werden, welche genau eben so stark ist, als diejenige, welche die Ströme ins Leben rief.

(1) Jahresber. f. 1847 u. 1848, 263.

Diamagnetische Polarität und Induction. Theorie des Diamagnetismus.

Weber entwickelt nach diesen Betrachtungen den mathematischen Ausdruck für die electromagnetische Scheidungskraft einer galvanischen Spirale, und leitet daraus unter Anderm das Resultat ab, dafs in einer Spirale, deren Durchmesser dem 40. Theil ihrer Länge gleichkommt, von der Mitte aus bis auf mehr als $^7/_8$ der Länge die electromagnetische Scheidungskraft bis auf 1 pC., in fast $^2/_3$ dieses Raumes bis auf 0,1 pC. constant ist. Damit rechtfertigen sich die Behauptungen, welche oben bezüglich der Unveränderlichkeit des Diamagnetismus des Wismuths in der electromagnetischen und in der Inductionsspirale aufgestellt wurden. — Das electrodiamagnetische Moment einer Wismuthmasse unter dem Einflufs des Scheidungsmomentes X findet Weber $= - C \cdot \frac{e}{k^3} v \cdot X$, also dem Scheidungsmomente und dem Volume v der Wismuthmasse proportional; k bedeutet den Quotienten aus dem Abstand der Mittelpunkte zweier Molecularströme, dividirt durch ihren Halbmesser, e die in der Längeneinheit der Kreisbahn enthaltene Menge electrischen Fluidums, C endlich eine aus der allgemeinen Electricitätslehre zu entnehmende Constante.

Ein bedeutsamer Unterschied besteht hinsichtlich der inducirenden Wechselwirkung der Massetheilchen oder ihrer Kreisströme zwischen den magnetischen und diamagnetischen Körpern. Bei ersteren strebt jeder gerichtete Molecularstrom, diejenigen Ströme, welche ihm in Richtung der Magnetaxe benachbart sind, ebenfalls zu richten, und wenn m das durch die äufsere Scheidungskraft X entwickelte Moment der Theilchen, r ihren Abstand bezeichnet, so ist die gesammte Scheidungskraft $X + \frac{2m}{r^3}$, durch welche in dem betrachteten Theilchen das gröfsere Moment $= \left(1 + \frac{2m}{r^3 X}\right) m$ hervorgebracht wird. Der inducirte Molecularstrom eines Wismuttheilchens wirkt aber im Augenblicke seines Auftretens der Entwickelung ähnlicher Ströme in solchen Theilchen, welchen ihm in Richtung der

Diamagnetische Polarität und Induction. Theorie des Diamagnetismus.

Scheidungskraft benachbart sind, entgegen, da ja jeder Strom bei seinem Entstehen oder Wachsen einen entgegengesetzten zu induciren strebt. Man erhält daher hier das verkleinerte Moment $-\left(1-\frac{2\mu}{X.r^3}\right)\mu$. Betrachtet man dagegen die gegenseitige Einwirkung benachbarter Theilchen in der zur Richtung der Scheidungskraft senkrechten Geraden, so hat man umgekehrt eine Schwächung des Magnetismus: $\left(1-\frac{m}{X.r^3}\right)m$; und eine Verstärkung des Diamagnetismus: $-\left(1+\frac{\mu}{X.r^3}\right)\mu$. Weber schliefst aus diesen Betrachtungen, dafs man in einer gegebenen Masse Eisen durch eine gegebene Scheidungskraft den stärksten Magnetismus erhalte, wenn das Eisen in die Form eines langen dünnen Stabes oder — wie man mit Rücksicht auf die mathematische Behandlung dieses Gegenstandes durch Neumann auch sagen kann — eines lang gestreckten Ellipsoïds gebracht wird, dessen grofse Axe der Richtung der Scheidungskraft parallel ist, während man den stärksten Diamagnetismus in einer Wismuthmasse erhält, wenn man sie in möglichst dünne Plattenform, oder in die Form eines möglichst abgeplatteten Ellipsoïds bringt, dessen kleine Axe der Richtung der Scheidungskraft parallel ist.

In der eben erwähnten mathematischen Behandlung hat Neumann (1) gezeigt, dafs ein Umdrehungsellipsoïd von Eisen, unter dem Einflufs einer Scheidungskraft X, welche der Drehaxe parallel wirkt, ein magnetisches Moment $M=\frac{KvX}{1+4\pi KS}$ annimmt, wo v das Volum des Ellipsoïds, und S eine von dem Verhältnifs der Axen abhängige Gröfse bedeutet. K ist von der Natur des Eisens abhängig, und wird von Neumann die magnetische Constante desselben genannt. Für alle magnetischen Substanzen ist diese Gröfse positiv. — Für ein unendlich gestrecktes Ellipsoïd

(1) Crelle's Journal f. reine und angewandte Mathematik XXXVII.

ist $S = 0$, also $M = K . v . X$; da nun für $v = 1$ und $X = 1$ das magnetische Moment $= K$ wird, so läfst sich die magnetische Constante auch definiren als der Grenzwerth, welchem das magnetische Moment der Volumeinheit unter dem Einflusse der Einheit magnetischer Scheidungskraft sich um so mehr nähert, ein je gestreckteres Ellipsoïd aus der Volumeinheit gebildet wird.

Diamagnetische Polarität und Induction. Theorie des Diamagnetismus.

Für ein zu einer unendlich dünnen Kreisscheibe abgeplattetes Ellipsoïd ist $S = 1$, also $M = \frac{KvX}{1 + 4\pi K}$. Wenn man nun mit Weber der Constanten K für alle diamagnetischen Körper ein negatives Zeichen beilegt, so erhält man die den gedachten Fällen entsprechenden diamagnetischen Momente:

$$M' = - K v X \text{ und } M' = - \frac{K v X}{1 - 4\pi K}$$

Die letztere Form bietet also hier, im Gegensatz zu den magnetischen Körpern, ein gröfseres Moment dar, als die erstere, wie diefs oben schon aus anderen Betrachtungen sich ergeben hatte. Da übrigens K für alle diamagnetischen Körper und selbst für das Wismuth immer einen sehr kleinen Werth hat, so ergiebt sich, dafs der Diamagnetismus immer sehr nahe dem Volum proportional und also von der Form fast unabhängig ist.

Bei Vergleichung des Ausdrucks $M' = - K v X$ mit dem oben (S. 243) von Weber abgeleiteten findet man, dafs die magnetische Constante K das Product der Factoren C und $\frac{e}{k^2}$ in sich schliefst. Nach der Theorie drehbarer Molecularmagnete, bemerkt Weber, sei K eine Function von X, und da die Erfahrung in der That K als abhängig von X dargethan habe, so spreche diefs für die Theorie drehbarer Molecularmagnete, gegenüber der Hypothese scheidbarer magnetischer Fluida.

Bezüglich der vier oben aufgestellten Hypothesen hat das Vorkommen der diamagnetischen Polarität zu Gunsten der beiden letzten, also der Ampère'schen Theorie, er-

Diamagnetische Polarität und Induction. Theorie des Diamagnetismus.

weitert durch die Annahme variabler Molecularströme, entschieden. Wie Weber bemerkt, schliefst das Vorhandensein dauernder und richtbarer Molecularströme die Möglichkeit noch nebenbei auftretender, durch einwirkende Scheidungskräfte geweckter, variabler Molecularströme nicht nur nicht aus, sondern läfst dieselben gewissermafsen als nothwendig erscheinen, in so fern sich die in jenen dauernden Strömen kreisende Electricität der inducirenden Einwirkung irgend welcher in der Nachbarschaft auftretender Scheidungskräfte unmöglich entziehen kann. — Weber bemerkt weiter, dafs die Hypothese der Molecularströme in drehbaren Molecülen gegenüber derjenigen scheidbarer magnetischer Flüssigkeiten in ruhenden Molecülen noch auf eine weitere Probe gestellt werden könne. Nehme man nämlich eine ins Unbestimmte fortgehende Scheidung magnetischer Flüssigkeiten als möglich an, so müsse eine constante Proportionalität zwischen Scheidungskraft und entwickeltem Magnetismus bestehen; und auch unter der Annahme begrenzter Scheidbarkeit würde jene Proportionalität bis zur Grenze der möglichen Scheidung fortbestehen müssen. Die Annahme drehbarer Molecüle, sei es, dafs dieselben durch dauernd geschiedenes magnetisches Fluidum (was aber unter diesen Umständen nach Weber's Ansicht kaum mehr den Namen einer Flüssigkeit verdient), oder durch Kreisströme zu Magneten würden, führe aber consequent zu einem anderen Gesetz, als dem der Proportionalität zwischen Scheidungskraft und Magnetismus. Es ist oben (S. 223 f.) mitgetheilt worden, wie sich Weber selbst überzeugte, dafs in der That bei Scheidungskräften, welche im Verhältnifs zur Dicke der Eisenstäbe sehr beträchtlich sind, jene Proportionalität nicht mehr besteht, und wir haben hier nur noch zuzufügen, welchen allgemein giltigen Ausdruck für den Zusammenhang zwischen Scheidungskraft und entwickeltem Magnetismus Weber auf theoretischem Wege ableitet, ein Ausdruck, welcher nicht zu den nämlichen Resultaten führt, als die empirische Formel, die Müller aus seinen Versuchen,

durch welche zuerst die Abweichung von der Proportionalität dargethan wurde, abgeleitet hat.

Diamagnetische Polarität und Induction. Theorie des Diamagnetismus.

Die magnetische Axe eines Eisenmolecüls nimmt unter dem Einflufs der Scheidungskraft eine mittlere Richtung zwischen derjenigen der Molecularkraft D und der Scheidungskraft X an. Der Winkel der beiden letzteren Richtungen sei u, der Winkel der Gleichgewichtslage der Molecularaxe mit der Richtkraft D sei ϱ, so ergiebt sich der Werth dieser Gröfse aus der Gleichung $X \,.\, \sin u \,.\, \cos \varrho = (D + X \cos u) \sin \varrho$, woraus $\operatorname{tg} \varrho = \frac{X \,.\, \sin u}{D + X \cos u}$ **(I)**. Mit Hülfe dieses Winkels läfst sich die Zunahme der in die Richtung der Kraft X fallenden Composante des magnetischen Momentes des Molecüls bestimmen. Ist das ganze magnetische Moment m, so war jene Composante vor der Ablenkung : $m \cos u$, sie ist nach der Ablenkung : $m \cos (u - \varrho)$, und der Unterschied dieser beiden Werthe, wenn man den aus **(I)** entnommenen Werth von ϱ substituirt,

$$x = m \left\{ \frac{X + D \cos u}{\sqrt{(X^2 + D^2 + 2\, X D \cos u)}} - \cos u \right\}$$

Es ist aber, da die Molecüle bei der ursprünglichen Gleichgewichtslage ihre Axen nach keiner Richtung des Raumes vorzugsweise richten, die Zahl derjenigen, deren Axen den Winkel u mit der Kraft X bilden, $\sin u$ proportional. Man findet daher das magnetische Moment y, welches aus der Drehung aller Molecüle des Systems durch die Kraft X resultirt, wenn man das Integral $\int_0^\pi du \,.\, x \,.\, \sin u$ mit der Anzahl n der Molecüle multiplicirt und mit $\int_0^\pi du \,.\, \sin u = 2$ dividirt. Es ergiebt sich auf diese Weise :

$$y = n \,.\, m \frac{X}{\sqrt{X^2 + D^2}} \,.\, \frac{X^4 + \frac{2}{3} X^2 D^2 + \frac{2}{3} D^4}{X^4 + X^2 D^2 + D^4}$$

Diese Formel tritt an die Stelle der von Müller gegebenen. Wenn n die Anzahl der Molecüle in der Volum-

Diamagnetische Polarität und Induction. Theorie des Diamagnetismus.

einheit bedeutet, so hat $\frac{y}{X}$ in der Drehungstheorie die Bedeutung der für die Scheidungstheorie von Neumann angenommenen Constanten K (vgl. S. 244); die Werthe

$$M = \frac{y}{1 + 4\pi S \frac{y}{X}} \text{ und } M' = \frac{y}{1 + 4\pi S \delta \cdot \frac{y}{X}}$$

drücken daher den auf die Volumeinheit oder den auf die Masseneinheit reducirten Magnetismus einer Substanz aus, deren Dichte δ ist. Indem Weber diese Formeln auf die Berechnung der S. 223 f. erwähnten Beobachtungsresultate anwendet, ergiebt sich eine genügende Uebereinstimmung.

Die nämlichen Formeln benutzt Weber aufserdem, um den bei den oben beschriebenen electromagnetischen und magnetelectrischen Versuchen entwickelten Diamagnetismus des Wismuths und Magnetismus des Eisens nach absolutem Mafse auszudrücken und damit eine genauere Vergleichung dieser unter gleichen Umständen entwickelten Kräfte herbeizuführen, als es nach der Reduction mittelst der nur annähernd richtigen Müller'schen Formel möglich war. Weber findet für die Stärke des durch die Einheit der Kraft in der Masseneinheit des Wismuths hervorgebrachten Diamagnetismus nach absolutem Mafse:

aus den electromagnetischen Versuchen : $\frac{1}{434000}$

aus den magnetelectrischen Versuchen : $\frac{1}{471300}$

im Mittel also : $\frac{1}{452000}$

Hierdurch nähern sich die oben S. 239 aus beiden Versuchsreihen abgeleiteten Verhältnisse 1 : 1470000 und 1 : 1731560 bedeutend mehr, indem das letztere sich in 1 : 1596000 verwandelt.

Der Grenzwerth des durch die Einheit der Kraft in der Masseneinheit des Eisens hervorgebrachten Magnetismus nach absolutem Mafse ist 5,6074, also 2·540·000mal gröfser als die Stärke des Diamagnetismus. Dieses Verhältnifs gilt für kleine Scheidungskräfte und dünne Stäbe. Je gröfser

die Scheidungskräfte und je dicker die Eisenstäbe werden, desto mehr wächst der Diamagnetismus im Vergleich zum Magnetismus des Eisens. Der gröfste Werth, welchen er in den oben beschriebenen Versuchen annahm, war der 360740. Theil des Eisenmagnetismus.

Theorie des Diamagnetismus.

Plücker (1) hat einen Auszug aus einer im Jahre 1849 verfafsten und der Societät der Wissenschaften zu Haarlem übergebenen Abhandlung über die Theorie des Diamagnetismus, die Erklärung des Uebergangs magnetischen Verhaltens in diamagnetisches und über mathematische Begründung der bei Krystallen beobachteten Erscheinungen mitgetheilt. — In der letzteren Beziehung vergleicht Plücker das Verhalten des Turmalins, welcher bei genäherten Polen des Electromagneten angezogen, bei Entfernung der Pole von einander aber aus der axialen Lage in die äquatoriale getrieben, also abgestofsen wird, mit dem Verhalten eines Messingcylinders, durch welchen rechtwinklig gegen seine Axe feine Eisendrähtchen in allen möglichen Richtungen durchgesteckt sind, während die Erscheinungen beim Zinnoxyd durch eine Messingmasse dargestellt werden können, in welcher eine Anzahl gleichgerichteter Stäbchen von weichem Eisen angebracht sind. Von diesen Vorstellungen ausgehend, entwickelt Plücker seine mathematische Theorie der an Krystallen beobachteten Erscheinungen. Dafs wir auf dieselbe hier nicht näher eingehen, möchte sich dadurch rechtfertigen, dafs sowohl das Thatsächliche dieses Gebietes, als auch die Theorie des Diamagnetismus seit der Abfassung jener Arbeit in ein neues Stadium getreten und mit präciseren Vorstellungen bereichert worden ist. — Doch können wir uns nicht versagen, einige Versuche kurz anzuführen, welche der um die Lehre des Diamagnetismus so hochverdiente Verfasser in dem vorliegenden Auszuge zum Erstenmale publicirt.

(1) Pogg. Ann. LXXXVI, 1.

Theorie des Diamagnetismus.

Um zu zeigen, dafs das Wismuth, von dem electrischen Strome umkreist, eine dem Eisen entgegengesetzte Polarität annimmt, hing Plücker einen Wismuthcylinder von 80mm Länge und 15mm Dicke an einer Wage auf und äquilibrirte ihn mit Schrotkörnern. Der Cylinder wurde mit einer Kupferspirale umgeben und schwebte mit seiner unteren Endfläche über dem oberen Ende des Eisenkerns eines Electromagneten in etwa 2mm Abstand von demselben. Wenn der Strom in beiden Spiralen in einerlei Sinn circulirte, wurde der Wismuthcylinder abgestofsen und erst nach dem Hinwegnehmen einiger Schrotkörner stellte sich das vorige Gleichgewicht wieder her; ein Beweis, dafs der nämliche Pol im Wismuth Unten lag, welcher im Eisen nach Oben gekehrt war. Liefs man den Strom in beiden Spiralen in entgegengesetztem Sinne gehen, so trat Anziehung an die Stelle der Abstofsung.

Aus einem andern Versuche zieht Plücker den Schlufs, dafs das diamagnetisch erregte Wismuth auch nach dem Wegfall der erregenden Kraft noch einen Theil seines Diamagnetismus beibehalte. Ein Wismuthstäbchen, 15mm lang und 5mm dick, war zwischen den Polspitzen eines Electromagneten an einem Coconfaden so aufgehängt, dafs es eben noch schwingen konnte; durch einen nächst einer Polspitze senkrecht angebrachten Glasfaden aber war es in einer Lage zurückgehalten, welche mit der axialen Richtung nur einen kleinen Winkel bildete, indem es sich mit dem einen Ende vermöge der Torsion des Coconfadens wider das Glasstäbchen lehnte. Wurde nun der Strom in Gang gesetzt und nach einiger Zeit plötzlich umgekehrt, so wich das Wismuthstäbchen zunächst von der Arretirung zurück und eilte der axialen Lage zu, kehrte aber bald zurück und lehnte sich von Neuem an den Glasfaden, wenn es nicht, über die axiale Lage hinaus gegangen, ganz in die äquatoriale Lage herumgeworfen wurde. Wenn dagegen der Strom erst nach einer Unterbrechung von mehreren Secunden im entgegengesetzten Sinne wieder ge-

schlossen wurde, so trat die beschriebene Erscheinung nicht ein, und zwar, wie Plücker annimmt, darum nicht, weil nun die anfängliche Polarität volle Zeit hatte, zu verschwinden. Theorie des Diamagnetismus.

Das Gesetz, dafs mit der Stärke der inducirenden Kraft der Diamagnetismus verhältnifsmäfsig stärker zunimmt, als der Magnetismus, erklärt Plücker aus einer der Coërcitivkraft des Stahles ähnlichen Eigenthümlichkeit der diamagnetischen Substanzen. Wenn man zwei ganz gleichgeformte Stäbe, der eine von gehärtetem Stahle, der andere von weichem Eisen, unter 45° kreuzt und mit einander verbunden so aufhängt, dafs sie horizontal schwingen können, so wird bei gröfserer Entfernung von einem Magnetpole die Richtkraft des Eisenstabes vorherrschen, bei fortgesetzter Annäherung aber wird endlich diejenige des Stahlstabes ins Uebergewicht treten. Das nämliche Resultat erzielt man, wenn man bei gleichbleibender Entfernung die Kraft des Magnetpoles anwachsen läfst. Ganz ähnlich wie der Stahl unter dem Einflufs schwächerer Kräfte in geringerem Verhältnifs Magnetismus annimmt, als das weiche Eisen, wird die diamagnetische, aber mit Eisentheilchen gemengte Kohle erst in gröfserer Nähe oder bei gröfserer Intensität der Kraft ihren Diamagnetismus vorherrschend geltend machen.

Feilitzsch (1) hat seine im vorjährigen Berichte (2) besprochene Theorie des Diamagnetismus, deren von Weber gerügte Mängel, wie Feilitzsch selbst anführt, auch noch von anderer Seite (3) bemerkt worden waren, durch neue Gesichtspunkte zu vervollständigen und zu berichtigen gesucht. Wie bekannt, ist der genannte Physiker, indem er von der Ampère'schen Theorie der Molecularströme ausgeht, bestrebt, die Unterschiede des magnetischen und diamagnetischen Verhaltens aus dem unglei-

(1) Pogg. Ann. LXXXVII, 206 u. 427; im Ausz. Ann. Ch. Pharm. LXXXIV, 196. — (2) Jahresber. f. 1851, 242. — (3) Arch. ph. nat. XVI, 50.

Theorie des Diamagnetismus.

chen Verhältnifs der innern gegenseitigen Molecularinduction zu der Wirksamkeit der äufsern Scheidungskraft abzuleiten. Durch Betrachtungen, in welchen wir ihm nicht ins Einzelne folgen, gelangt Feilitzsch zu folgender Eintheilung aller Körper bezüglich ihres magnetischen Verhaltens: 1) *Eisenmagnetische Körper*, wenn die kleinsten Theilchen so nahe an einander liegen und anderweit so beschaffen sind, dafs die Molecularinduction überwiegt gegen die Wirkung der äufsern Induction. 2) *Diamagnetische Körper*, wenn die kleinsten Theilchen so weit von einander entfernt und anderweit so beschaffen sind, dafs die Molecularinduction zurücktritt gegen die Wirkung der äufsern Induction. 3) *Sauerstoffmagnetische Körper*, wenn wegen beträchtlicher Entfernung und anderweiter Beschaffenheit der Theilchen die Molecularinduction gänzlich verschwindet.

Den oben angedeuteten Mangel seiner Theorie glaubt Feilitzsch dadurch heben zu können, dafs er die Molecularinduction nicht, wie in seiner ersten Abhandlung, nur in Beziehung auf die der Axenrichtung nach benachbarten Theilchen, sondern auch in Beziehung der in einem ganzen Querschnitt neben einander gelagerten Theilchen betrachtet. Er erörtert, wie man die in einem Querschnitt umlaufenden Molecularströme bezüglich ihrer Wirksamkeit nach Aufsen durch ein Netz aus zwei rechtwinklig sich kreuzenden Gittern von Leitungsdrähten ersetzen könne, so angeordnet, dafs der electrische Strom je zwei benachbarte Gitterstäbe immer in entgegengesetztem Sinne durchfliefse. Ausgehend von einem zuerst von Seebeck (1) angestellten Versuche, welcher von Hansteen (2) erklärt wurde, untersucht Feilitzsch auf mathematischem und experimentellem Wege (mittelst Drehwageversuchen) die Wirkung solcher Gitter auf einen Magnetpol, welcher sich rechtwinklig gegen die Ebene der Gitter bewegen kann,

(1) Abhandl. der Berl. Acad. d. Wissenschaften, 1820, S. 289. — (2) Gilbert's Annalen LXX, 175.

und gelangt zu folgenden Schlufssätzen : 1) Abwechselnd entgegengesetzt gerichtete Ströme, welche parallel zu einander in einer Ebene fliefsen und eine gleiche Intensität haben, ziehen einen befreundeten Magnetpol an, wenn derselbe sich in einer Linie senkrecht zu ihrer Ebene bewegen kann. 2) Abwechselnd entgegengesetzt gerichtete Ströme, welche parallel zu einander in einer Ebene fliefsen und eine von der Mitte der Ebene nach den Enden derselben in gewissem Verhältnifs zunehmende Intensität haben, stofsen einen befreundeten Magnetpol bis zu einer gewissen Entfernung von der Ebene ab, ziehen denselben aber bei gröfserer Entfernung an, wenn er sich in einer Linie senkrecht zu ihrer Ebene bewegen kann. Theorie des Diamagnetismus.

Hiernach construirt Feilitzsch die Erscheinungen, indem er den Querschnitt im eisenmagnetischen Zustand repräsentirt durch eine Anzahl von Strompaaren gleicher Intensität, welche nur gegen die Ränder des Querschnittes hin angehäuft sind, während die Mitte ganz frei ist; und den diamagnetischen Querschnitt durch ein gleichmäfsig über die ganze Ebene verbreitetes System paralleler, und abwechselnd entgegengesetzt gerichteter Ströme, welche eine von der Mitte nach den Enden hin zunehmende Stärke haben. Endlich dehnt der genannte Physiker seine Betrachtungen auf die Wirkungsweise einer Reihe hinter einander gestellter Querschnitte, welche einen Stab formiren, aus.

Für seine Ansicht über die Abhängigkeit der magnetischen Natur einer Substanz von der Molecularinduction, also von dem Abstand der Molecüle, findet Feilitzsch eine Bestätigung in der folgenden Beziehung des magnetischen Verhaltens zu der in der Volumeinheit enthaltenen Atomzahl, welche er dem Quotienten aus dem specifischen Gewicht dividirt durch das Atomgewicht gleich setzt. Das specifische Gewicht des Wasserstoffs ist in der folgenden Tafel zur Einheit genommen :

Theorie des Diamagnetismus.

Magnetische Elemente :

	Atom-gew.	Spec. Gew.	Atom-zahl		Atom-gew.	Spec. Gew.	Atom-zahl
Nickel . .	29,6	95967	3242	Kobalt . .	29,6	94871	3205
Mangan . .	27,6	88889	3220	Eisen . .	27,2	87154	3203

Zweifelhaft magnetische oder diamagnetische Elemente :

Platin . .	98,7	238889	2420	Zink . . .	32,2	76838	2386
Titan . . .	24,5	58667	2394	Chrom . .	28,1	65555	2333
Palladium .	35,4	127778	2392	Iridium . .	98,7	207000	2096
Rhodium .	52,1	124444	2388				

Diamagnetische Elemente :

Wolfram .	95	193333	2034	Wismuth .	106,4	109133	1024
Molybdän .	48	95556	1991	Strontium .	44	44444	1010
Cadmium .	55,8	95950	1719	Arsen . .	75,4	64704	880
Quecksilber .	101,4	150656	1485	Baryum . .	68,13	44444	652
Schwefel .	16	22222	1388	Phosphor .	31,4	19444	619
Zinn . . .	59	81000	1373	Antimon .	129	74456	576
Blei . . .	103,8	126544	1218	Natrium . .	23,2	10802	466
Selen . . .	40	47889	1196	Uran . . .	217	100000	461
Osmium . .	99,6	111111	1116	Jod . . .	126	54978	437
Silber . .	108,1	115867	1071	Brom . . .	78,4	33111	422
Gold . . .	199	213333	1068	Kalium . .	39,2	9611	245

Gasförmige Elemente :

Wasserstoff .	1	1	1	Chlor . .	35,4	35	1
Jod . . .	126	126	1	Stickstoff .	14	14	1
Brom . . .	78,4	80	1				

Ausnahmen :

Kohlenstoff				Kupfer . .	31,8	96900	3046
a) Diamant	6	38889	6481	Sauerstoff .	8	8	2
b) Eisenkohle	6	17478	2913				

Aufser den von Feilitzsch selbst hervorgehobenen Ausnahmen finden sich noch viele andere in obiger Tafel. Das Eisen tritt, wie Feilitzsch bemerkt, an die Spitze, wenn man die von Muncke für die gegossenen Metalle angegebenen spec. Gewichte benutzt, indem sich dann folgende Atomzahlen ergeben : Nickel : $n = 3108$; Kobalt : $n = 2932$; Mangan : $n = 2818$. Wenn man für das Wismuth das Atomgewicht 208 nimmt, so rückt es an eine ihm mehr zukommende Stelle in der diamagnetischen Reihe herab.

Tyndall (1) hat in Beziehung der Aeufserung Thomson's (2), dafs in den theoretischen Arbeiten Poisson's die Entdeckung der Krystallrichtkraft anticipirt sei, bemerkt, dafs seine Versuche über die Nachahmung des magnetischen Verhaltens der Krystalle mittelst künstlicher, comprimirter Modelle (3) beweisen, dafs nicht die Form der Molecüle, wie Poisson annimmt, sondern die Lagerung derselben jene besondern Erscheinungen der Richtung im magnetischen Felde bedinge. Magnekrystallinische Wirkung.

R. Phillips (4) hat seine auf die electrochemische Theorie gegründeten Ansichten über die Ursache der Electricitätserzeugung durch Reibung mitgetheilt. Electricität. Theoretisches.

Donovan (5) ist durch eine Reihe meistens ganz allgemeiner Betrachtungen zu dem für ihn bündigen Schlufs gekommen, dafs die in den electrischen und galvanischen Erscheinungen wirkenden Kräfte gänzlich verschieden sind.

Ducis (6) berichtet über eine von dem Mechaniker Steiner (in Paris?) verbesserte Art von Reibzeugen, wodurch die Scheibenelectrisirmaschine sehr an Kraft gewinnen soll. Die Verbesserung besteht darin, dafs an der Stelle der Haarkissen eine ausgespannte, mit Amalgam bekleidete Haut durch Federdruck gegen die Glasscheibe gepreſst wird. Dieses Verfahren scheint hiernach mit dem in Deutschland längst gebräuchlichen im Wesentlichen übereinzustimmen. Electrisirmaschine.

Billet (7) in Dijon erinnert an ein Verfahren Electricität anzusammeln, welches Svanberg vor mehreren Jahren beschrieben hat. — Man denke sich zwei Paare Condensatorplatten A, B und A′, B′. Die beiden unteren Zusammengesetzter Condensator.

(1) Instit. 1852, 381. — (2) Jahresber. f. 1851, 246. — (3) Jahresber. f. 1851, 261. — (4) Phil. Mag. [4] III, 36. — (5) Phil. Mag. [4] III, 117. 198. 290. 335. 445; IV, 33. 130. 210. — (6) Compt. rend. XXXIV, 208; Instit. 1852, 83; Arch. ph. nat. XIX, 221. — (7) Arch. ph. nat. XX, 53.

Zusammengesetzter Condensator.

B und B′ seien durch einen Draht verbunden, die beiden oberen mit isolirenden Handhaben versehen. Man theile der Platte A Electricität, z. B. + E mit und berühre zugleich B mit dem Finger, so erhält die letztere eine Ladung — E. Man hebe sodann die Collectorplatte A isolirt ab und berühre A′, so zieht sich die — E aus B nach B′, während A′ mit + E geladen wird. Durch Wiederauflegen von A und Berührung von B mit dem Finger kann dann der erste Condensator eine neue Ladung erhalten, und diese kann wie vorher auf den zweiten Condensator übertragen werden u. s. f. Soweit ist diese Vorrichtung in der Hauptsache nichts anderes als der bekannte Duplicator von Bennet.

Svanberg hatte aber nun in der Methode des Gebrauchs die folgende, den Ladungsprocefs ungemein beschleunigende Abänderung getroffen. Nachdem der zweite Condensator vom ersten etwa 3 oder 4 Uebertragungen erhalten hat, wird der Gang der Operation umgekehrt, d. h. die Uebertragungen geschehen jetzt vom zweiten auf den ersten Condensator, wodurch, wie leicht einzusehen, jede einzelne Uebertragung nunmehr in 3- oder 4fach verstärktem Verhältnisse stattfinden mufs. Durch wiederholte Umkehrungen in diesem Sinne erhält man in ganz kurzer Zeit eine electrische Anhäufung bis zur Entstehung starker Funken. Aber freilich werden solche starke Ladungen häufig selbst dann erhalten, wenn man dem Instrumente absichtlich gar keine Electricität mitgetheilt hatte. Durch diesen bei dem Duplicator längst bekannten, leicht erklärbaren Fehler verliert also auch die veränderte Vorrichtung einen grofsen Theil ihres Werthes. Billet glaubt, diesem Uebelstande dadurch wirksam abgeholfen zu haben, dafs er anstatt die beiden Platten mit Firnifs zu überziehen, ihre Isolirung von einander durch drei kleine Stückchen angeschmolzenes Schellack bewerkstelligt. — Die Wirksamkeit dieses zusammengesetzten Condensators ist in der That überraschend. Er dürfte sich

zum Gebrauche für Vorlesungen wohl empfehlen, obschon derselbe zum Zwecke eigentlicher Messungen nicht dienen kann.

Dellmann (1) hat an dem von ihm im Jahre 1842 beschriebenen, später durch Kohlrausch sehr verbesserten Electrometer einige Abänderungen angebracht, und giebt eine genaue Zeichnung des Instrumentes, welches er selbst jetzt gebraucht. Durch Messungen mittelst desselben glaubt er gefunden zu haben, dafs die Spannung an den Polen einer offenen Volta'schen Säule, die mit Wasser geladen ist, von der Witterung abhängt, und zwar wahrscheinlich von der Richtung des Windes. Bei Westwinden fand er + E, bei Ostwinden — E vorherschend. Indessen hält Dellmann seine bisherigen Erfahrungen in dieser Beziehung noch keineswegs für entscheidend, und damit stimmen auch wir überein. Electrometer.

Auf der Münchener Sternwarte wird seit Mai 1850 unter Lamont's (2) Leitung der Gang der Luftelectricität von Morgens 7 Uhr bis Abends 6 Uhr stündlich aufgezeichnet. Zu den Beobachtungen benutzt Lamont ein Electrometer eigener Construction. Es ist eine Abänderung des Peltier'schen Electrometers (3). Ein langes, oben in eine Kugel ausgehendes, isolirtes Metallrohr trägt einen horizontalen Bügel von Kupferdraht, der in den magnetischen Meridian gerichtet und unbeweglich ist. Im unelectrischen Zustande steht derselbe in Berührung mit einer leichten Nadel von Kupferdraht, welche mit einem daran fest gemachten kleinen Magneten an einem Coconfaden hängt. (Peltier gab bekanntlich der Nadel eine Stahlspitze, welche in einer auf dem Bügel befestigten Pfanne von Stahl ruht.) Gelangt Electricität auf das Rohr, so theilt sie sich dem Bügel und der Nadel mit, und es erfolgt zwischen beiden eine Ab- Luft-electricität.

(1) Pogg. Ann. LXXXVI, 524. — (2) Pogg. Ann. LXXXV, 494; Jahresber. d. Münchener Sternwarte 1852, 74. — (3) Ann. ch. phys. [2] LXII, 422.

Luft-electricität.

stofsung. Unter dem Bügel befindet sich eine Glastafel mit Kreistheilung, welche aus 50 gleichen Abtheilungen besteht. Unter der Glastafel ist ein Spiegel von 45° Neigung angebracht und seitwärts eine Linse von solcher Focaldistanz, dafs man damit im Spiegel ein deutliches Bild der Kreistheilung, so wie der Ausweichungen der darüber schwebenden Nadel erhält. Die Quantität der angesammelten Electricität begnügt sich Lamont dem Drehungsbogen proportional zu setzen; was, wie er sich durch besondere, zu diesem Zwecke unternommene Versuche überzeugt hatte, innerhalb der Grenze von Ablenkungen, welche 10 Theilstriche nicht übersteigen, eine genügende Annäherung giebt. Die einzelnen Beobachtungen werden in folgender Weise angestellt: Man geht mit dem Electrometer auf ein Hausdach oder sonst erhöhten und freien Punct hinaus, stellt das Instrument auf ein hohes Gestell, berührt das aus dem Gehäuse isolirt hervortretende Rohr mit dem Finger, und trägt es dann in das Zimmer zurück, wo die Ablesung geschieht.

Lamont hat die Mittelwerthe der stündlichen Beobachtungen für die einzelnen Monate der Jahre 1850 und 1851 mitgetheilt. Sie zeigen, übereinstimmend mit den Resultaten anderer Beobachter, dafs die Electricität im Winter weit stärker ist als im Sommer; sie zeigen ferner, dafs nicht blofs die Gröfse, sondern auch der Verlauf der täglichen Bewegung im Sommer und Winter verschieden ist.

Gegen die Richtigkeit der von Lamont angewendeten Methode, aus den Anzeigen seines Electrometers die relative Spannung der Luftelectricität abzuleiten, hat Quetelet (1) einige Bedenken erhoben, die jedoch, wie Lamont (2) wahrscheinlich gemacht hat, auf einem Mifsverständnisse beruhen. Während nämlich auf der Münchener

(1) Pogg. Ann. LXXXVIII, 580, aus Bull. de l'Acad. de Bruxelles XIX; Arch. ph. nat. XXI, 29; Instit. 1852, 283; Phil. Mag. [4] IV, 249. — (2) Jahresber. d. Münchener Sternwarte 1852, 75.

Sternwarte als Mafs der Luftelectricität ihre Dichtigkeit genommen wird, hat man dafür in Brüssel, wie es scheint, die Stärke der electrischen Abstofsung gesetzt. Diese verhält sich aber bekanntlich wie das Quadrat der Dichtigkeit. Luft-electricität.

Quetelet (1) hat Beobachtungen über die electrische Beschaffenheit der Luft zu Brüssel während der Jahre 1849 bis 1851 mitgetheilt. Sie bestätigen die schon bekannten, früher von ihm gezogenen Folgerungen (2). Er hat aufserdem gefunden, dafs zur Zeit von Schnee und Nebel die Luft immer positiv electrisch ist, und zwar gewöhnlich viel stärker als im Januar, der doch das Maximum in Beziehung auf die Jahreszeiten bezeichnet.

Negative Electricität, an und für sich selten, zeigte sich kaum anders, als wenn es regnete oder doch Regen in der Nähe war. Ihre Intensität war aber dann gewöhnlich sehr grofs. Zuweilen ging die Electricität während des Regens aus dem positiven Zustand durch Null in den negativen über.

Wirkungen auf das Galvanometer, im positiven wie negativen Sinne, traten fast nur bei Regenwetter, hauptsächlich bei Gewitterregen ein. Im letzteren Fall entsprach die Erscheinung des Blitzes jedesmal einer sehr deutlichen Bewegung der Nadel. — Bei den Anzeigen stärkster electrischer Spannung blieb die Galvanometernadel meistens unbeweglich. Dahingegen kamen electrische Strömungen vor, während das Electrometer die Spannung Null angab.

Ueber die Natur der Luftelectricität hat Lamont (3) eine von den gewöhnlichen Vorstellungen abweichende Ansicht aufgestellt. Nach seiner Hypothese enthält nämlich die von Wolken freie Luft gar keine Electricität. Das Fluidum, welches im Electrometer als vermeintliche Luftelectricität angesammelt wird, kommt vielmehr im Augen-

(1) Arch. ph. nat. XXI, 34, aus Bull. de l'Acad. de Bruxelles XIX; Instit. 1852, 336; Phil. Mag. [4] IV, 253. — (2) Jahresber. f. 1849, 193. — (3) Pogg. Ann. LXXXV, 500.

Luft-electricität.

blicke, da die aus dem Gehäuse des Instrumentes hervorragende Zuleitungsstange mit dem Finger berührt wird, aus der Erde, welche Lamont als ein mit — E gefülltes Reservoir betrachtet.

Neue Hypothesen werden gewöhnlich dann ersonnen, wenn die älteren unzureichend und unhaltbar geworden sind. Man kann wohl nicht bezweifeln, dafs Lamont von demselben Gedanken geleitet wurde, indem er die bisherige Vorstellung von dem Dasein von Electricität in wolkenfreier Luft verwarf. Indessen sind die Vorzüge der neuen Hypothese vor der älteren aus Lamont's bisherigen Mittheilungen keineswegs klar, geschweige denn überzeugend hervorgetreten.

R. Phillips (1) betrachtet, im Widerspruche mit der soeben erwähnten Theorie, die Erde als electrisch neutral. Die unteren Schichten der Atmosphäre sind nach ihm positiv, die oberen durch Vertheilung negativ electrisch. Er hält für wahrscheinlich, dafs die Luftelectricität durch Reibung des Windes an den Regentropfen erzeugt wird.

Merkwürdige Blitzschläge beschrieben Nöggerath (2) und Minckwitz (3), Coffin (4), Brewster (5), Biot (6), Arago (7), Seguier (8), Babinet (9), Lalande (10), Madame Espert (11), Butti (12), Meunier (13), de l'Espée (14) und Cornuel (15).

Vertheilung der Electricität auf Platten.

Clausius (16) hat einen mathematischen Ausdruck für die electrische Dichtigkeit an den verschiedenen Punkten einer sehr dünnen und isolirten elliptischen Scheibe, so wie

(1) Phil. Mag. [4] IV, 126. — (2) Pogg. Ann. LXXXVI, 486. — (3) Pogg. Ann. LXXXVI, 489. — (4) Sill. Am. J. [2] XIII, 134. — (5) Aus Athenaeum, Nr. 1300 in Sill. Am. J. [2] XV, 125. — (6) Compt. rend. XXXIV, 822; Instit. 1852, 173. — (7) Compt. rend. XXXIV, 871. — (8) Compt. rend. XXXIV, 871. — (9) Compt. rend. XXXV, 1; Instit. 1852, 213. — (10) Compt. rend. XXXV, 24. — (11) Compt. rend. XXXV, 192; Instit. 1852, 246. — (12) Compt. rend. XXXV, 193; Instit. 1852, 246. — (13) Compt. rend. XXXV, 195; Instit. 1852, 246. — (14) Compt. rend. XXXV, 400. — (15) Compt. rend. XXXV, 738. — (16) Pogg. Ann. LXXXVI, 161; im Ausz. Berl. Acad. Ber. 1852, 179.

auf den beiden, als kreisförmig angenommenen Belegungen einer Franklin'schen Tafel entwickelt.

Hinsichtlich der Untersuchungen von Clausius und W. Thomson über den mechanischen Effect der Electricität vgl. S. 39 ff. und 42 ff. Mechanischer Effect der Electricität.

Die electrische Ladung, welche eine isolirte Metallplatte durch Berührung mit einer anderen, ungleichartigen Metallplatte, beide mit sehr ebenen, reinen Oberflächen aufeinander gelegt, z. B. eine Kupferplatte durch den Contact mit einer Zinkplatte, annimmt, läfst sich, wie Buff (1) gezeigt hat, sehr bedeutend verstärken, wenn man die Zinkplatte isolirt abhebt, ableitend berührt, wieder auflegt, nach abermaligem Abheben von Neuem berührt u. s. f., so lange als eine Zunahme der Divergenz der Goldblättchen eines empfindlichen Electrometers noch wahrnehmbar ist. Der Grund dieses Verhaltens fliefst unmittelbar aus dem Volta'schen Fundamentalsatze, wenn man damit die bekannten Vertheilungsgesetze freier Electricität in Verbindung bringt. Berührungs-electricität.

Page (2) hat eine Anordnung der galvanischen Kette beschrieben, welche, ohne den gewöhnlichen Gebrauch als electrischer Apparat zu stören, eine vollständige Benutzung des entwickelten Wasserstoffs bezweckt. Die Einrichtung gleicht der der bekannten Döbereiner'schen Zündmaschine. Nur befindet sich über dem Zink, welches hier amalgamirt ist, eine durchlöcherte Kupfer- oder besser Platinplatte. Beide Metalle können durch geeignete Drahtleitungen aufserhalb in metallische Verbindung gesetzt werden. Galvanische Kette.

Fabre de Lagrange (3) hat Vorschläge gemacht, galvanische Ketten von beständiger und wirklich unveränderlicher Beschaffenheit herzustellen. Die Zweckmäfsigkeit

(1) Ann. Ch. Pharm. LXXXIII, 249. — (2) Sill. Am. J. [2] XIII, 257. — (3) Compt. rend. XXXIV, 533; Instit. 1852, 105; Phil. Mag. [4] IV, 77.

Galvanische Kette.

derselben scheint er aber weder praktisch geprüft zu haben, noch ist sie aus Gründen der Theorie einleuchtend. Ein näheres Eingehen dürfte daher vorläufig überflüssig sein.

Liais und Fleury (1) empfehlen als Mittel, das Leitvermögen der Bunsen'schen Kette zu verbessern, die Thonzelle wegzulassen. Man würde so auf die ursprüngliche Einrichtung, welche der Entdecker als die weniger zweckmäfsige selbst nur kurze Zeit benutzt hat, zurückkommen.

Despretz (2) hat den Grad der Beständigkeit der Daniell'schen und der Bunsen'schen Kette einer nähern Prüfung unterworfen. Seine Untersuchungen führten zu der übrigens bekannten und in gleicher Weise auch für die Grove'sche Kette geltenden Thatsache, dafs diese Ketten, unmittelbar nachdem sie angesetzt sind, gewöhnlich nicht gleich das Maximum der Stärke erreichen, so wie dafs ihre Beständigkeit im günstigsten Falle nur wenige Stunden anhält. In Beziehung auf die letztere Eigenschaft giebt er der Daniell'schen Kette den Vorzug, und empfiehlt als Flüssigkeit, welche das Zink umgiebt, ein Gemische von Schwefelsäure und Kochsalz. Angenommen, dafs die Beständigkeit dieser verschiedenen Ketten für gleiche Stromstärke verglichen ist, mufs man schliefsen, dafs die in Paris gebräuchlichen Zink-Kohlen-Ketten bedeutend weniger leisten, als die nach Bunsen's Vorschrift in Marburg verfertigten. Eine Hauptursache der unvollkommenen Beständigkeit der Daniell'schen Kette ist nach den Erfahrungen von Buff (3) der durch Endosmose bewirkte und durch ungleiche Dichtigkeit der Flüssigkeiten sehr beschleunigte Uebergang der Kupferlösung in die Zinkzelle. Nicht nur, dafs dadurch Kupfer auf dem gewöhnlichen chemischen Wege niedergeschagen wird, und dafs mit demselben sein Aequivalent an Zink verloren geht,

(1) Compt. rend. XXXV, 802; Instit. 1852, 387. — (2) Compt. rend. XXXIV, 737; Instit. 1852, 153. — (3) Ann. Ch. Pharm. LXXXV, 3.

sondern das an der Zinkfläche ausgefällte Kupfer verändert auch den Oberflächenzustand des electropositiven Metalls, indem es zugleich die Veranlassung zu Nebenströmen giebt, welche das weitere Ausfällen des Kupfers, sowie den Zinkverlust, also die Abnutzung des Apparates ungemein beschleunigen. Diese localen Ströme sind auch die Ursache, dafs sich allmälig die Zwischenräume der Thonzelle mit metallischem Kupfer ausfüllen und dafs (wie bekannt) dieses Metall endlich sogar an der Aufsenfläche der Zelle erscheint. Galvanische Kette.

Zu ähnlichen Folgerungen ist Tyrtow (1) nach aufmerksamer Verfolgung des Vorgangs in der geschlossenen Daniell'schen Kette gekommen. Der graue Ueberzug, womit sich das Zink nach einiger Zeit gewöhnlich bedeckt, und womit die Beschmutzung desselben beginnt, ist nach seiner Ansicht zum grofsen Theil Kupferamalgam.

In der Bunsen'schen und der Grove'schen Kette zeigt sich der wechselseitige Uebertritt der Flüssigkeiten zu einander weit weniger nachtheilig und kann zudem sehr vermindert werden, wenn man die Vorsicht gebraucht, die Salpetersäure gleich anfangs reichlich mit Schwefelsäure zu versetzen. Ist aufserdem nach Bunsen's Vorschrift der Kohlencylinder einen Zoll tief vom oberen Rande abwärts mit Wachs gesättigt, so dafs der umschliefsende, mittelst einer Schraubenzwenge fest angedrückte und vor dem Gebrauche rein gescheuerte Kupferring nicht mit Salpetersäure in Berührung kommen kann, und war endlich der Zinkcylinder vollständig amalgamirt, so giebt diese Kette während mehrerer Stunden einen Strom, bei mäfsiger Stärke von fast vollkommener Beständigkeit.

Um die Haltbarkeit der Kupferzinkkette zu vermehren, mufs man die Endosmose der Flüssigkeiten möglichst zu verzögern suchen. Diefs läfst sich nach Buff (2), freilich nicht ohne den Leitungswiderstand bedeutend zu vergröfsern, auf

(1) Petersb. Acad. Bull. XI, 56. — (2) Ann. Ch. Pharm. LXXXV, 3.

Galvanische Kette.

folgende Art erreichen. Ein Glasbecher mit abgeschliffenem Rande erhält einen gut anschliefsenden Deckel von Holz, in welchen eine möglichst weite und eine enge cylindrische Oeffnung eingeschnitten sind. In die letztere wird ein offenes Glasrohr eingefügt, fast bis auf den Boden hinabreichend, in die erstere ein passender Glascylinder, dessen untere Oeffnung mit Blase umbunden ist. Eine Lage Quecksilber bedeckt den Boden des Bechers. Darauf wird neutrale Lösung von Zinkvitriol gegossen, bis diese Flüssigkeit die ganze untere Fläche der Blase berührt. In den Glascylinder kommt die Kupferlösung, welche sich durch Zusatz kleiner Stücke Kupfervitriol zwar stets gesättigt erhält, aber doch niemals die Dichtigkeit der Zinklösung annimmt, folglich nur langsam in diese eindringen kann. In die Kupferlösung taucht ein passendes Kupferblech und in dem Glasrohr steht ein Zinkdraht, der in dem Mafse, als er sich im Quecksilber auflöst, allmälig herabsinkt. Schwache electrische Ströme behaupten bei dieser Einrichtung Monate lang eine ganz unveränderliche Stärke, und zwar vergleichungsweise unter ziemlich grofser Ersparnifs an Zink.

Nicklès (1) empfiehlt, das zu galvanischen Ketten zu verwendende Zink vor dem Gebrauche wiederholt zu amalgamiren und jedesmal einige Zeit stehen zu lassen, weil dadurch das Quecksilber tiefer eindringe und das Zink sicherer vor dem unmittelbaren Angriff der Säure schütze.

Ketten aus einem Metalle und zwei Flüssigkeiten.

Matteucci (2) hat eine grofse Anzahl electrischer Ketten aus Platin mit zwei Flüssigkeiten untersucht. In Batterieen aus derartigen Elementen zusammengesetzt schaltete er Voltameter ein und überzeugte sich, dafs die durch Schliefsung der Kette gebildeten Ströme in jeder einzelnen Flüssigkeit dieselbe Quantität der Zersetzung, wie im Voltameter bewirkten. Unter den verschiedenen Combinationen, welche er auswählte, zeigte sich eine, bestehend aus

(1) J. pharm. [3] XXI, 266. — (2) Ann. ch. phys. [3] XXXIV, 281.

Platinstreifen, eingetaucht in Salpetersäure und eine Lösung von Einfach-Schwefelkalium (beide Flüssigkeiten durch eine poröse Wand getrennt) so kräftig, dafs ein einziges Paar hinreichte, um eine sichtbare Wasserzersetzung in einer eingeschalteten Schwefelsäurezelle mit Platindrähten hervorzubringen. Dabei besafs diese Combination eine grofse Beständigkeit, weil der an dem einen Platin sich ausscheidende Wasserstoff sogleich oxydirt, der am andern Platin sich ausscheidende Schwefel in der umgebenden Flüssigkeit aufgelöst wurde. Wurde anstatt der einfachen Schwefelverbindung gleich die höchste Schweflungsstufe des Kaliums angewendet, so zeigte sich anfangs eine eben so grofse electromotorische Thätigkeit, wie vorher. Ihre Stärke nahm aber bald ab, weil sich am Platin Schwefel absetzte. Ketten aus einem Metalle und zwei Flüssigkeiten.

Aus einer Untersuchung von Edm. Becquerel (1) über Gasketten, welche im Ganzen nur geringes Interesse bietet, heben wir den folgenden bemerkenswerthen Versuch hervor. Wird ein enges, mit Wasserstoffgas gefülltes Probirglas über eine Lösung von Goldchlorür umgestürzt, dann ein Platindraht so eingeführt, dafs ein Theil davon in das Gas reicht, während ein anderer Theil in der Flüssigkeit bleibt, so verschwindet allmälig das Gas, und Gold schlägt sich auf dem Platindraht nieder. Der electrische Gegensatz, welcher diesen Zersetzungsprocefs einleitet, ist dadurch gegeben, dafs der obere Theil des Drahts bis unter den Spiegel der Flüssigkeit sich mit Wasserstoff überzieht. Man hat dann die einfache electrische Kette : Platin, Wasserstoff, Goldlösung, Platin. Der Effect würde daher bei Anwendung von geschwärztem Platin wahrscheinlich noch auffallender gewesen sein. Gaskette.

War der Platindraht im obern Ende des Glasrohrs eingeschmolzen, und führte man einen zweiten Platindraht von unten in die Flüssigkeit, doch ohne den ersteren zu

(1) Compt. rend. XXXV, 647; Instit. 1852, 349; Arch. ph. nat. XXI, 227; ausführlicher Ann. ch. phys. [3] XXXVII, 385.

Gaskette. berühren, so erhielt man, sobald die beiden nach Aufsen gehenden Drahtenden zu dem Galvanometer geleitet wurden, eine dauernde Ablenkung der Nadel. — Aehnliche Versuche mit andern Flüssigkeiten hatten keinen gleich günstigen Erfolg.

Viard (1) hat sich mit Studien über die electro-chemische Bedeutung des Sauerstoffs beschäftigt. Seine Abhandlung bietet indessen nicht das geringste Neue.

Galvanische Ueberführung der Flüssigkeiten. Durch eine verdienstvolle Arbeit Wiedemann's (2) ist die bekannte, bisher unerklärte Erscheinung der Ueberführung der Flüssigkeiten in der galvanischen Kette in ein klareres Licht gestellt worden. Er bestätigt zunächst, dafs diese Bewegung auch dann stattfindet, wenn die durch eine poröse Wand getrennten Flüssigkeiten von ganz gleichartiger Beschaffenheit sind, dafs sie nichts mit der Endosmose zu thun hat, mit der durch den Zersetzungsprocefs eingeleiteten Bewegung der Bestandtheile einer Flüssigkeit in keiner directen Beziehung steht, und dafs sie, ganz unabhängig von der Natur der porösen Wand und der Flüssigkeit, stets von der positiven zur negativen Polplatte vor sich geht. Er untersuchte dann das Verhältnifs der Ueberführung zur Stromstärke und fand, dafs, unabhängig von der Oberflächengröfse der porösen Wand, die Menge der in gleichen Zeiten durch dieselbe wandernden Flüssigkeit der Stromstärke direct proportional ist. Dieses Gesetz ergab sich wenigstens beim Wasser und bei Kupferlösungen. Die Dicke der porösen Wand scheint, unter Voraussetzung gleicher Stromintensität, nur von sehr geringem Einflusse zu sein. Das Ueberführungsvermögen verschiedener Flüssigkeiten zeigte sich bei gleicher Stromstärke sehr ungleich, und im Allgemeinen um so gröfser, einen je gröfseren Leitungswiderstand sie dem Strome entgegensetzen. Bei einer

(1) Ann. ch. phys. [3] XXXVI, 129; Arch. ph. nat. XXI, 230. — (2) Pogg. Ann. LXXXVII, 321; im Ausz. Berl. Acad. Ber. 1852, 151; Instit. 1852, 227; Ann. ch. phys. [3] XXXVII, 242.

Kupferlösung z. B. nahm bei wachsender Verdünnung die Geschwindigkeit der Fortführung ebenfalls zu. Jedoch vermehrte sich die letztere noch rascher, als der Leitungswiderstand. Reines Wasser und selbst Alkohol werden in bedeutender Menge schon durch Ströme übergeführt, bei welchen die Bewegung der Kupfervitriollösungen noch gar nicht sichtbar ist. Bei der gut leitenden verdünnten Schwefelsäure dagegen liefs sich die galvanische Strömung gar nicht hervorbringen. Galvanische Ueberführung der Flüssigkeiten.

Die Kraft, durch welche diese Strömung bei verschiedenen Flüssigkeiten bewirkt wird, hat Wiedemann direct gemessen, indem er derselben einen hydrostatischen Druck entgegensetzte, der die Ueberführung verhinderte. Er fand auf diese Weise, dafs die zur Herstellung des Gleichgewichtes erforderlichen Druckhöhen bei verschiedenen Flüssigkeiten sehr ungleich, bei jeder einzelnen der Stromstärke proportional waren; dafs ferner, alles Uebrige gleichgesetzt, diese Druckhöhen sich umgekehrt wie Flächengröfse und direct wie die Dicke der porösen Wand, und dafs sie sich endlich direct wie die eigenthümlichen Leitungswiderstände der Lösungen (so war wenigstens für Kupferlösungen von verschiedener Concentration gefunden worden) verhielten.

Gestützt auf diese verschiedenen Thatsachen betrachtet Wiedemann die Folgerung als gerechtfertigt: dafs die überführende Kraft, oder der sie messende hydrostatische Druck, sich verhält wie die electromotorische Thätigkeit, oder wie die Spannung, welche an beiden Seiten einer in eine beliebige Flüssigkeit eingesenkten porösen Wand vorhanden ist. Es ist dadurch ein einfaches, von allen äufsern Nebenumständen völlig unabhängiges Mafs der electrischen Spannung und ihrer mechanischen Wirkung in Atmosphärendruck oder in Einheiten der Schwerkraft gegeben.

Despretz (1) hat die bekannten Beziehungen von Kraft und Widerstand der galvanischen Kette einer er- Gesetz der Ströme.

(1) Compt. rend. XXXIV, 781.

Gesetz der Ströme.

neuerten Prüfung unterworfen und dieselben auch seinerseits bestätigt. Eine Tangentenboussole, deren er sich zu seinen Versuchen bediente, so wie den Grad der Genauigkeit, welchen er damit erreicht, hat er in einer späteren Abhandlung beschrieben (1). Es ist erfreulich, zu sehen, dafs ein auf die Ohm'schen Gesetze so wie auf exactere Messungen gegründetes Studium des Galvanismus allmälig auch in Frankreich Eingang findet. Doch können wir die Bemerkung nicht unterdrücken, dafs französische Physiker, welche diesem Zweige der Naturwissenschaft ihre Kräfte widmen, bei genauerer Bekanntschaft mit dem Inhalte deutscher Zeitschriften sich einen bedeutenden Aufwand an Mühe und Zeit ersparen könnten.

Polarisation.

Edlund (2) hat einige Versuche unternommen, um die Gröfse der Polarisation zu bestimmen, welche durch Ströme von sehr kurzer Dauer hervorgebracht wird. Um einen Strom von sehr kurzer und doch zugleich bekannter Dauer erhalten zu können, wurde in die Mitte einer Holzscheibe eine Axe von Metall eingelassen, um welche sich ein Zeiger ebenfalls von Metall im Kreise herum drehen liefs. Letzterer trug eine Feder, die während der Umdrehung nur an Einer Stelle mit einer kleinen, in das Holz eingesetzten Metallplatte in Berührung kam und dadurch die Kette einen Augenblick schlofs. War die Zeit einer ganzen Umdrehung bekannt, so liefs sich daraus diejenige, während deren Verlauf Feder und Platte in Berührung blieben, leicht ableiten. Sie betrug bei den Versuchen ungefähr $1/50$ einer Secunde. Als Electromotor wurden drei Daniell'sche Becher benutzt, die durch Leitungsdrähte einerseits mit der Metallaxe, andererseits mit der kleinen Metallplatte in Verbindung standen. In demselben Schliefsungsbogen befand sich das Polarisationsgefäfs und aufserdem ein Drahtgewinde, dessen Zweck aus der folgen-

(1) Compt. rend. XXXV, 449; Instit. 1852, 317. — (2) Pogg. Ann. LXXXV, 209.

den Erläuterung verständlich werden wird. Die electromotorische Kraft bei Einschlufs oder Ausschlufs des Polarisationsgefäfses wurde nämlich nicht direct gemessen, sondern aus der Stärke des Inductionsstroms abgeleitet, der sich in einem Nebendrahte entwickelte. Zu dem Ende waren zwei Drähte isolirt neben einander um dieselbe Rolle gewickelt; der eine bildete, wie erwähnt, einen Theil der Leitungsbahn des Hauptstroms; der andere war mit der Multiplicatorrolle eines Magnetometers mit Spiegel verbunden. Ferner hatte Edlund dafür gesorgt, dafs nur der eine Inductionsstrom, und zwar der erste, zur Circulation gelangen konnte. Polarisation.

Er erhielt die folgenden Resultate, zu deren Verständnifs nur noch bemerkt zu werden braucht, dafs p die Gröfse der Polarisation und K die Kraft eines Daniell'schen Elementes bedeutet:

Verdünnte Schwefelsäure	mit polirten Platinplatten		$p = 0{,}57$ K
„ „	und Kupfer	„	$p = 0{,}36$ K
„ „	und Zink	„	$p = 0{,}24$ K
„ Salpetersäure	und polirtes Platin	.	$p = 1{,}41$ K
„ „	und Kupfer	. . .	$p = 0{,}62$ K
Gesättigte Kochsalzlösung	und Zink	. . .	$p = 0{,}16$ K
„ „	und Kupfer	. .	$p = 0{,}24$ K.

Diese Zahlen gelten natürlich nur für die gebrauchten Stromstärken; doch zeigen sie zur Genüge, dafs ein grofser Theil der Polarisationswirkung gleich beim ersten Eintritte des Stroms zum Vorschein kommt. Diefs kann aber auch nicht anders sein, indem die Polarisation nichts anderes ist, als das erste Resultat des beginnenden Zersetzungsprocesses.

Gasförmige Körper, zwischen den Polen einer electrischen Kette gelagert, so dafs sie gleichsam den Schliefsungsbogen dieser Kette bilden, können in einen Zustand electrischer Polarisation eintreten, und dadurch, nach den Beobachtungen Grove's (1), während des Funkenübergangs Polarisation gasförmiger Körper.

(1) Phil. Trans. f. 1852, Part I, 87; Phil. Mag. [4] IV, 498; Arch. ph. nat. XXI, 142; Instit. 1852, 345; Ann. ch. phys. [3] XXXVII, 376.

Polarisation gasförmiger Körper.

gewisse eigenthümliche Effecte hervorbringen. Zur Entwickelung eines Funkenstroms benutzte Grove einen Inductionsapparat von grofser Wirksamkeit. Derselbe bestand aus einem Eisenkern, umgeben von etwa 200 Windungen eines 2 Millimeter dicken Kupferdrahts; letzterer wieder von 10000 sorgfältig isolirten Windungen eines viel dünneren, nur $^1/_4$ Millimeter dicken, secundären Drahts umschlossen. Ein selbstwirkender Stromunterbrecher stand damit in Verbindung. Die mit diesem Apparate erzeugten Inductionsströme waren so kräftig, dafs sie in Luft von gewöhnlicher Dichtigkeit Funken von $^1/_8$ Zoll, in verdünnten Räumen aber weit längere Funken erzeugen konnten.

Auf den Teller einer Luftpumpe wurde eine polirte Silberplatte gelegt, und eine Glasglocke darüber gestellt, welche mit einer Stopfbüchse versehen war, durch welche eine Stahlspitze der Platte beliebig nahegerückt werden konnte. Man entleerte die Glocke, liefs ein Gemenge von Sauerstoff und Wasserstoff eintreten und entleerte wieder bis auf $^1/_2$ oder $^3/_4$ Zoll Quecksilberdruck, so dafs sich zwischen Platte und Spitze nur noch ein sehr verdünntes Gemenge beider Gase befinden konnte. Als man hierauf die Entladungen des secundären Drahts zwischen Platte und Spitze bei 0,1 Zoll Abstand übergehen liefs, so bildete sich, wenn der Strom (der zweite Inductionsstrom, indem der erste bei dieser Anordnung wohl nicht zur Circulation kommen konnte) von der Platte zur Spitze ging, auf der ersteren in kurzer Zeit ein Fleck von Silberoxyd; derselbe verschwand aber wieder, wenn die Richtung des Stroms umgekehrt wurde. War der Sauerstoff im verdünnten Gasgemenge im Ueberschusse, oder fehlte der Wasserstoff ganz, so wurde die Silberplatte oxydirt, mochte sie nun den positiven oder den negativen Pol bilden. Doch war im letzteren Falle die Wirkung viel geringer, als im ersteren. Bestand das Gas nur aus Wasserstoff, oder war doch letzterer in grofsem Ueberschusse, so trat stets Desoxydation ein, wie auch der Strom gehen mochte.

Die Beschaffenheit der Spitze hatte keinen Einflufs auf die Erscheinung; die Stahlspitze konnte daher durch jede andere Metallspitze ersetzt werden. Aehnlich wie das Silber verhielt sich jedoch, mit Ausnahme des Wismuths, kein anderes Metall. Unter verschiedenen anderen Gasen, welche Grove zwischen die Pole brachte, zeigte Kohlenoxyd das bemerkenswertheste Verhalten, indem es gerade so wirkte wie ein Gemenge von Sauerstoff und Wasserstoff. Polarisation gasförmiger Körper.

Grove ist der Meinung, dafs diese Wirkungen darauf beruhen, weil die zwischen den Polen gelagerten Gase unmittelbar vor jeder Entladung in ähnlicher Weise electrisch polarisirt werden, wie die Bestandtheile eines Electrolyts vor der electrochemischen Zersetzung.

Die Versuche Dresser's über den Leitungswiderstand von Kupfer- und Eisendrähten, worüber wir bereits im vorigen Jahre berichteten (1), hat Bashforth (2) mit Zugrundelegung des Ohm'schen Gesetzes berechnet und, worauf auch wir schon aufmerksam gemacht hatten, eine befriedigende Uebereinstimmung zwischen Theorie und Erfahrung gefunden. Leitungswiderstand.

Lenz (3) hat über den Leitungswiderstand in Flüssigkeiten, deren senkrechter Querschnitt die Fläche der eingetauchten Platten übertrifft, eine Reihe experimenteller Untersuchungen begonnen, welche, insbesondere als Grundlage zur richtigen Beurtheilung des Leitungswiderstandes der Erde, von grofsem Interesse sind. Vorläufig beschränkte er seine Mittheilungen auf den Fall, wenn die eingetauchten Platten bei stets gleichbleibender, verhältnifsmäfsig zur Länge, geringer Breite bis auf den Boden der immer zu gleicher Höhe angefüllten Behälter hinabreichen. Er fand dann, wie nicht anders zu erwarten war, dafs die Erweiterung des Querschnitts der Flüssigkeitsschicht (der Breite des Behälters) über die Breite der eingetauchten Platten

(1) Jahresber. f. 1851, 279. — (2) Phil. Mag. [4] IV, 120. — (3) Petersb. Acad. Bull. X, 129; Instit. 1852, 247.

Leitungswiderstand.

hinaus zwar Anfangs eine Verminderung des Leitungswiderstandes zur Folge hat, dafs aber verhältnifsmäfsig zur Behälter-Breite diese Verminderung eine um so geringere wird, jemehr die Breite des Querschnittes wächst, und dafs endlich eine Grenze eintritt, über welche hinaus das Wachsthum der Breite der Flüssigkeit keinen wahrnehmbaren Einflufs mehr auf die Leitungsfähigkeit äufsert. Dieser Grenzwerth tritt um so später ein, je weiter die Polplatten von einander entfernt sind.

Es beruht dieses Verhalten, wie bekannt, auf dem Umstande, dafs die Elementarströme, deren Summe die ganze Stromstärke giebt, sich auf beiden Seiten der Platten in krummen Linien ausbreiten, und dafs der Einflufs eines jeden einzelnen dieser Stromfäden abnimmt, je gröfser der Weg ist, den er zu beschreiben hat, bis er endlich aufser die Grenze der Wahrnehmung fällt.

Die gröfsten noch bemerkbaren Ausweichungen des Stroms, rechts und links über die Breite der Platte hinaus, verhalten sich nach den Beobachtungen von Lenz wie die Quadratwurzeln aus den Abständen der Platten. D. h. für einen gegebenen Abstand a und eine gegebene Breite b der Platten kann der Leitungswiderstand in einem viereckigen Behälter von der Breite $b + 2\sqrt{a}$ durch Vermehrung der Breite nicht weiter vermindert werden. Den Leitungswiderstand in einer Flüssigkeit von mäfsiger Tiefe, deren Breite aber als unbegrenzt (in obigem Sinne) gelten, worin sich also der Strom nur in horizontaler Richtung frei ausbreiten konnte, fand Lenz zunehmend wie die Wurzeln aus den Entfernungen der Polplatten, oder auch proportional den gröfsten Ausweichungen des Stroms.

Du Moncel (1) hat sich mit verschiedenen Fragen aus der Electricitätslehre, zuletzt mit dem Verhalten zweier electrischer Ströme, die sich durch denselben Leiter bewegen, beschäftigt. Aus dem, was er bis jetzt aus seinen Studien

(1) Compt. rend. XXXV, 518; Instit. 1852, 278. 335.

mitgetheilt hat, sieht sich jedoch Berichterstatter aufser Stand, irgend Neues und Brauchbares zu entnehmen.

Wärmeentbindung in Stromleitern.

Vor einigen Jahren hat bekanntlich Grove (1) die sonderbare Beobachtung gemacht, dafs ein dünner Platindraht, umgeben von Gasen von verschiedener Dichtigkeit, durch electrische Ströme von gleicher Stärke ungleich erwärmt wird. Diese Erscheinung, über welche man sich bisher nicht genügend Rechenschaft zu geben wufste, ist jetzt von Clausius (2) erklärt worden. Es vereinigen sich zwei Bedingungen zur Hervorbringung des Phänomens. Einmal die durch die gröfsere Beweglichkeit des leichteren Gases, z. B. des Wasserstoffgases, bewirkte raschere Entfernung der Wärme und daraus sich ergebende raschere Abkühlung, dann die in dem kühleren und dadurch besser leitenden Drahte verminderte Wärmeerzeugung. Diesen letzteren Umstand hatte Grove übersehen, indem er erwartete, dafs in dem Drahte, unabhängig von dem umgebenden Gase, für gleiche Ströme auch gleichviel Wärme abgesetzt werden müsse.

Electrisches Licht.

Quet (3) bespricht eine Beobachtung, welche, wie er sagt, Ruhmkorff gemacht hat: dafs nämlich die zwischen kleinen Kugeln im luftleeren Raume überströmende Electricität zweierlei Art Licht von deutlich verschiedener Färbung bildet. Ein blaues Licht umgiebt stets die negative Kugel, während ein feuerrothes von der positiven sich gegen die negative hin ausbreitet. Quet selbst hat die Beobachtung gemacht, dafs dieser Lichtstrom kein zusammenhängendes Ganze, sondern gleichsam Lichtschichten bildet, die durch dunkle Räume getrennt sind. Er hat diese Erscheinung in verdünnten Räumen, die über verschiedenen Gasen und Dämpfen erzeugt wurden, verfolgt, und in einigen derselben auch anders gefärbtes Licht wahrgenommen. Eigentlich Neues ist in seiner Abhandlung nicht enthalten.

(1) Vgl. Jahresber. f. 1849, 211. — (2) Pogg. Ann. LXXXVII, 501; Phil. Mag. [4] V, 209. — (3) Compt. rend. XXXV, 949; Instit. 1852, 418; Arch. ph. nat. XXI, 86.

Lichtbogen.

Quet (1) hat ferner die ihm neue Erscheinung beobachtet, dafs der zwischen Kohlenspitzen gebildete Lichtbogen, wenn er die Axenlinie zweier sehr nahe stehender Magnetpole winkelrecht durchkreuzt, äquatorial abgestofsen wird, gleichsam wie durch den Luftstrom eines Löthrohrs gerichtet. Bekanntlich beruht dieser Vorgang mit dem, welchen das Barlow'sche Rädchen bietet, auf ganz gleicher Ursache. Die Richtung der Abstofsung ändert sich daher mit der Lage der Pole und der Richtung des Stroms (2).

Mittelst einer Kette aus 500 constanten Platinzellen hat Grove (3), wie schon S. 77 kurz angeführt wurde, eine dauernde electrische Entladung auf merklichen Abstand von der Oberfläche von destillirtem Wasser bewirkt. Der Versuch wurde auf folgende Art angestellt. Ein Platinstreif als positiver Pol tauchte in destillirtes Wasser, dessen Temperatur erhöht wurde. Ein Platindraht als negatives Ende der Kette wurde hierauf dem Wasser bis zur Berührung genähert, dann augenblicklich bis zu $^1/_4$ Zoll Abstand wieder entfernt. Die Entladung trat mit solcher Stärke ein, dafs das Ende des Drahts geschmolzen wurde. Dabei entwickelte sich Gas, ohne Zweifel Sauerstoffgas, am eingetauchten Platinstreifen.

Thermo-electricität.

Vor mehreren Jahren hat Regnault (4) gelegentlich einer Untersuchung über die Brauchbarkeit thermoelectrischer Ketten, als Hülfsmittel um Wärmeveränderungen zu messen, eine eigenthümliche Veränderlichkeit in der thermoelectrischen Wirksamkeit zweier nämlichen Metalle beobachtet. Wurde z. B. eine Antimon-Wismuthkette mit einer Eisen-Platinkette verglichen, so ergab sich, dafs bei drei Versuchen nacheinander der Temperaturunterschied von 268°,6 der beiden Löthstellen der letzteren Kette dieselbe Wirkung hervorbrachte, wie die Temperaturunterschiede von

(1) Compt. rend. XXXIV, 805; Instit. 1852, 164. — (2) Man vergleiche unter andern Casselmann in Pogg. Ann. LXIII, 588. — (3) Phil. Mag. [4] III, 311; Arch. ph. nat. XX, 288. — (4) Relation des expériences pour déterminer les principales lois physiques - - - des machines à vapeur I, 246.

13°,71; 17°,77 und 18°,60 der ersteren, so dafs man zum Schlusse genöthigt war, die thermoelectrische Kraft der Eisen-Platinkette habe sich in Folge der dreimal wiederholten, bis auf 268°,6 gehenden, Erhitzung vermehrt. Thermo-electricität.

Tyndall (1) hat nun darauf aufmerksam gemacht, dafs diese Anomalien durch die Untersuchungen von Magnus (2) über Thermoströme in einem einzigen Metalle eine befriedigende Erklärung finden. Magnus hatte nämlich gezeigt, dafs ein Draht, der an verschiedenen Stellen ungleiche Härte besitzt, wenn er an der Uebergangsstelle vom harten zum weichen Theile mäfsig erwärmt wird, einen Strom entwickelt, dessen Richtung von der besonderen Natur des Drahts abhängt. Im Platin z. B. geht derselbe vom weichen zum harten, im Eisen vom harten zum weichen Theile. Im Eisendraht übernimmt demnach der harte Theil die Rolle des negativ-electrischen Körpers; im Platindraht ist es gerade umgekehrt. Da nun in der Platin-Eisenkette der Strom vom Platin durch die erwärmte Löthstelle zum Eisen geht, so sieht man, dafs die Kraft dieser Kette um so mehr anwachsen mufs, je weicher die verbundenen Platin- und Eisendrähte werden. Aber gerade dahin wirkte die wiederholte starke Erhitzung in dem vorerwähnten Versuche Regnault's.

Adie (3) hat die Wahrnehmung gemacht, dafs ein thermoelectrisches Paar, gebildet aus weichem Stahl mit durch Hämmern gehärtetem Stahle, den Strom vom weichen durch die erwärmte Löthstelle zum harten Theile sendet; dafs dagegen die umgekehrte Stromesrichtung stattfindet, wenn das Härten auf gewöhnliche Weise durch Glühen und Eintauchen in kaltes Wasser geschah. Im letzteren Falle vermindert bekanntlich der gehärtete Stahl seine Dichtigkeit, während er dieselbe im ersteren Falle vergröfsert.

(1) Phil. Mag. [4] III, 90; Arch. ph. nat. XIX, 216. — (2) Vgl. Jahresber. f. 1851, 281. — (3) Phil. Mag. [4] III, 185; Instit. 1852, 171; Arch. ph. nat. XIX, 295.

Thermo-electricität.

Es ist fast zwanzig Jahre her, seit Peltier (1) die merkwürdige Beobachtung gemacht hat, dafs die Verbindungsstelle zweier ungleichartiger Metallstücke je nach der Richtung eines durchgehenden electrischen Stroms eine ungleiche Temperatur annimmt; und dafs insbesondere an der Löthstelle von Wismuth und Antimon Wärme erzeugt oder verschluckt wird, je nachdem die bewegte Electricität vom Antimon durch die Löthstelle zum Wismuth übertritt, oder den umgekehrten Weg verfolgt. Um das Phänomen der Abkühlung sichtbar machen zu können, darf der Strom verhältnifsmäfsig zum Querschnitte der Leiter keine grofse Intensität haben, weil die immer stattfindende Erwärmung der die Löthstelle begrenzenden Theile beider Metalle unter dem Einflufs starker Ströme eine so beträchtliche Höhe erreicht, dafs dadurch das eigenthümliche Verhalten der Löthstelle selbst verdeckt wird. Bei gehöriger Vermeidung dieses Einflusses haben indessen viele Physiker den Peltierschen Versuch wiederholt und bestätigt. Lenz gelang es sogar, eine Temperaturerniedrigung bis zur Erstarrung des Wassers hervorzubringen (2).

Obschon verschiedene leicht ausführbare Methoden, den Peltier'schen Versuch anzustellen, längst in die Lehrbücher der Physik übergegangen sind, so hat sich doch Adie (3) für berechtigt gehalten, die Richtigkeit desselben zu bezweifeln, weil es ihm selbst nicht gelungen ist, die Erscheinung sichtbar zu machen. Tyndall (4) übernahm die dankenswerthe Mühe, seine Folgerungen zu widerlegen, und hat bei dieser Gelegenheit verschiedene, zum Theil abgeänderte Methoden zur Anstellung des Versuches beschrieben.

Bezüglich einer Arbeit von W. Thomson über mechanische Theorie der Thermoströme vgl. S. 47.

(1) Ann. ch. phys. [2] LVI, 371; Berzelius' Jahresber. XV, 21; Dove's Repert. I, 351. — (2) Pogg. Ann. XLIV, 342; Berzelius' Jahresber. XIX, 153. — (3) Phil. Mag. [3] IV, 224. 380; V, 46; Arch. ph. nat. XXI, 57; Instit. 1852, 427. — (4) Phil. Mag. [3] IV, 419; V, 147; Arch. ph. nat. XXI, 317.

Induction durch Entladung angehäufter Reibungs-Electricität.

Die Frage, ob durch gewöhnliche Electricität Inductionseffecte hervorgebracht werden können, hat Faraday (1) in der ersten Reihe seiner Experimentaluntersuchungen über Electricität zwar berührt, aber nicht weiter verfolgt, weil er es nicht für möglich hielt, die Wirkung der anfangenden Entladung von der gleichstarken, aber entgegengesetzten der aufhörenden Entladung zu trennen, in so fern bei der gemeinen (nämlich der gespannten) Electricität Anfang und Ende der Entladung fast gleichzeitig sind. Faraday nahm also an, dafs die durch das Ueberspringen eines Funkens gebildete Stromwelle, gleich andern electrischen Strömen, die Fähigkeit besitze, in einem Nebendrahte zwei Ströme zu induciren, von welchen der erste dem Hauptstrome entgegenläuft, der andere ihn begleitet.

Später haben Henry (2) in New-Jersey und Riefs (3) fast gleichzeitig die Inductionswirkung des Batteriestroms bestimmt nachgewiesen, indem sie die Leidener Batterie durch Metalldrähte oder Streifen entluden, neben welchen andere parallel und von den ersteren wohl isolirt hergingen. War dieser Nebendraht metallisch geschlossen, so entstand in demselben während der Entladung ein Inductionsstrom. Beiden Physikern gelang es mittelst dieses Stroms, Stahlnadeln zu magnetisiren, indem sie die Schliefsung des Nebendrahts durch einen schraubenförmigen Draht vollzogen, von so kurzen Umgängen, um eben eine Nähnadel aufzunehmen. War die Nebenschliefsung durch eine kurze Luftschicht unterbrochen, so traten durch dieselbe Funken über. Der Platindraht in dem von Riefs construirten Luftthermometer (4) als Bestandtheil der Nebenschliefsung wurde erwärmt, und diese Erwärmung nahm zu, eine um so gröfsere Länge des Hauptdrahtes auf eine gleiche Länge des Nebendrahtes

(1) Pogg. Ann. XXV, 97. — (2) Vgl. Jahresber. f. 1849, 215. — (3) Pogg. Ann. XLVII, 56; XLIX, 394; Ergänzungsb. I, 282. — (4) Pogg. Ann. XL, 335; XLIII, 47.

Induction durch Entladung angehäufter Reibungs-Electricität.

in immer gleichem Abstande einwirken konnte. Vergröfserte sich der Abstand, so verminderte sich die Wirkung und zwar nahe im umgekehrten Verhältnisse der winkelrechten Entfernung der Cylinderaxen beider Drähte, wenn sie gerade ausgespannt neben einander herliefen. — Wenn an den Enden des Nebendrahtes Metallhandhaben befestigt wurden, die man mit den Händen fafste, so dafs der Körper selbst einen Theil der Nebenschliefsung bildete, so erhielt Henry, bei hinlänglicher Stärke der Induction, electrische Schläge. Auch die Inductionsströme höherer Ordnungen, d. h. die durch den Schliefsungsbogen des secundären Stromes in einem für sich geschlossenen Nebendrahte desselben, im *tertiären Drahte* bewirkte Erregung eines tertiären Stroms, so wie die durch letzteren in einem *quaternären Drahte* bewirkte Erregung eines quaternären Stroms u. s. w., hat der zuletzt genannte Physiker durch die Batterieentladung hervorgebracht.

Die Induction im Hauptdrahte selbst, den Extrastrom durch Reibungselectricität gelang es Dove (1) dadurch nachzuweisen, dafs er eine Seitenschliefsung anbrachte, in welche mittelst passender Handhaben der menschliche Körper eingeschaltet war. Fafste nun diese Seitenschliefsung einen Theil der Hauptleitung ein, welcher schraubenförmig gebogen war, so empfand man bei jeder Entladung der Batterie eine Erschütterung, welche nicht eintrat, sobald die Seitenschliefsung eine gleiche Länge des Hauptdrahtes aufserhalb der Schraube begrenzte.

Chemische Zersetzungen, so wie Ablenkungen der Galvanometernadel, konnte keiner dieser Physiker durch den Inductionsstrom der Batterie hervorbringen.

Das Ausbleiben dieser Stromeffecte, namentlich des letzten, mufste eigentlich als Bestätigung der oben erwähnten Annahme Faraday's dienen; und dahin zielte auch die von Riefs (2) gemachte Beobachtung, dafs bei Wei-

(1) Pogg. Ann. LIV, 322. — (2) Pogg. Ann. XLVII, 60.

tem die stärksten Magnetisirungen durch den Nebenstrom dann erhalten wurden, wenn die secundäre Leitung eine Unterbrechung hatte, an welcher die electrische Flüssigkeit mit einem Funken übergehen mufste. Es war nämlich anzunehmen, dafs durch die Unterbrechung die erste, ungleich gerichtete, der beiden Inductionswellen zurückgehalten wurde. Riefs scheint jedoch auf diese wichtige Thatsache kein grofses Gewicht gelegt zu haben. Da überdiefs das Nichteinwirken auf die Magnetnadel auch andere Erklärungen zuliefs (1), so hielt man es bei der so kurzen Dauer der Entladung für wahrscheinlicher, dafs die beiden im Sinne Faraday's auf einander folgenden Erregungen nur als einfacher Impuls beobachtet werden, oder dafs das Resultat der Induction in der Erzeugung eines einfachen Stroms bestehe (2).

Induction durch Entladung angehäufter Reibungs-Electricität.

Die Richtung desselben suchte Henry aus der Lage der Pole der unter dem Einflusse desselben magnetisirten Stahlnadel zu bestimmen. Da er fand, dafs bei unveränderter Richtung des inducirenden Stroms, sonst aber wechselnden Umständen, die gewonnene Polarität der Nadeln nicht immer gleiche Richtung hatte, so glaubte er, nach näherer Untersuchung dieses Verhaltens, den Schlufs gerechtfertigt: dafs der secundäre Strom seine Richtung mit der Entfernung des Hauptdrahts von dem Nebendraht ändere. Diese Hypothese widerlegte Riefs (3), indem er sowohl durch eigene, wie durch frühere Versuche Savary's den Beweis führte, dafs aus dem in Nähnadeln erregten Magnetismus weder die Stärke noch die Richtung des Inductionsstroms der Batterie sich mit Sicherheit erkennen läfst. Er selbst versuchte das folgende Verfahren: Er setzte die freien Enden des Nebendrahts einander gegenüber auf die entgegengesetzten Flächen einer dünnen Harzplatte, und erhielt

(1) Pogg. Ann. XLVII, 76; LIV, 313. — (2) Ueber die gegen diese Ansicht bereits von Wrede gemachten Einwürfe vgl. Berzelius' Jahresber. XX, 115. — (3) Pogg. Ann. XLVII, 58; LI, 351.

Induction durch Entladung angehäufter Reibungs-Electricität.

dadurch, nach Entladung der Batterie durch den Hauptdraht, Figuren, welche durch Bestreuen der Harzfläche mit Pulver von Schwefel und Mennige, oder auch durch blofses Anhauchen erkannt wurden. Hieraus ging nun allerdings unzweifelhaft hervor, dafs das electrische Gleichgewicht des Nebendrahts durch den Act, der den Inductionsstrom einleitet, gestört wird, mag nun dieser Strom wirklich erfolgen, oder nicht. Die Beschaffenheit der gebildeten Figuren, da jede derselben aus den beiden Grundformen, die Lichtenberg als positive und negative unterschieden hat, zusammengesetzt war, erlaubte jedoch keinen bestimmten Schlufs auf den electrischen Zustand der Enden, welche sie hervorbrachten. Die Formen beider Figuren zeigten gleichwohl sehr bestimmte Unterschiede, und da diese bei gleicher Richtung des Entladungsstroms stets dieselben blieben, so war wenigstens ein Weg gebahnt, um durch geeignete Abänderung der Versuche darzuthun, dafs die Richtung des secundären Stroms nur von derjenigen des Hauptstroms abhängig ist, aber weder durch die Stärke der Entladung, noch durch den Abstand des erregten vom erregenden Drahte, noch endlich durch die leitende Beschaffenheit des einen oder andern dieser Drähte verändert wird. Nach welcher Richtung der Nebenstrom sich nun wirklich bewege, diefs hoffte Riefs (1) mittelst des Condensators bestimmen zu können.

Das eine Ende des Nebendrahts wurde nämlich mit der untern Condensatorplatte verbunden, das andere Ende der oberen bis zum Ueberschlagen des Funkens genähert, wodurch der Condensator eine Ladung empfing. Aus der Beschaffenheit derselben wurde anfangs geschlossen: dafs der Nebenstrom der Batterie unter allen Umständen, welche eine verschieden gerichtete Magnetisirung durch denselben bedingen, im Nebendrahte stets dieselbe Richtung, wie der Entladungsstrom im Hauptdrahte habe. Später (2)

(1) Pogg. Ann. LI, 356. — (2) Repert. d. Phys. VI, 233.

hat jedoch Riefs selbst erklärt, dafs diese Folgerung nicht streng richtig sei, indem er fand, dafs der Condensator nicht selten Ladungen gerade im entgegengesetzten Sinne erhielt. Hierbei dürfte noch weiter hervorzuheben sein, dafs bei der beschriebenen Methode, den Condensator zu laden, die Mitwirkung eines zweiten, entgegengesetzt gerichteten, aber schwächeren Inductionsstroms, in so fern ein solcher vorhanden war, künstlich ausgeschlossen worden war; und dieser Einwurf erhält dadurch um so mehr Gewicht, dafs, so oft das Drahtende, von welchem der Funke überschlug, der an der oberen Condensatorplatte befestigten Kugel sehr nahe stand, gar keine Ladung eintrat.

Induction durch Entladung angehäufter Reibungs-Electricität.

Andere wichtige Anhaltspunkte zur Beurtheilung der Richtung des Nebenstroms sowohl, wie der Ströme höherer Ordnungen, verschaffte sich Riefs durch Erwärmungsversuche (1). Die Erwärmung des im Luftthermometer ausgespannten Platindrahts ist zwar an und für sich unabhängig von der Richtung des durchgeleiteten Stroms, da sie aber für gleiche Electricitätsmengen im directen Verhältnifs zur Dichtigkeit derselben steht, oder was dasselbe ist, im umgekehrten Verhältnisse zur Zeit, in welcher die gleichen Electricitätsmengen durchströmen, so liefs sich erwarten, dafs äufsere, von der Richtung eines Stroms abhängige Einflüsse, in so fern sie die Dichtigkeit der bewegten Electricität verändern, zugleich eine veränderte Einwirkung auf das Thermometer zur Folge haben müssen und dadurch einen Rückschlufs auf die Stromrichtung selbst erlauben.

Nun hat Riefs die folgenden Beobachtungen gemacht: In dem Schliefsungsbogen der Batterie wurden zwei gleich flache Drahtspiralen eingeschlossen, die entweder von einander entfernt gehalten oder normal bis auf ½ Linie Abstand einander gegenübergestellt werden konnten. Je nachdem

(1) Pogg. Ann. XLIX, 393; L, 1; LI, 177; LXXXI, 428; LXXXIII, 309; letztere Abhandl. auch Berl. Acad. Ber. 1851, 295; Phil. Mag. [4] III, 173; Arch. ph. nat. XIX, 136.

Induction durch Entladung angehäufter Reibungs-Electricität.

nun im zweiten Falle der Entladungsstrom in beiden Spiralen gleichlaufend oder entgegenlaufend war, wurde eine geringere oder stärkere Erwärmung des Luftthermometers erhalten, als im ersten Falle. Es ist klar, dafs die neben einander fliefsenden Theile des Stroms wechselseitig erregend auf die Masse ihrer Leiter eingewirkt haben mufsten. Die Quantität der sich entladenden Electricität konnte dadurch unmöglich geändert worden sein. Die verminderte Wirkung auf das Thermometer, wenn beide Stromtheile gleiche Richtung hatten, konnte daher nur auf einer Verzögerung der Entladung beruhen, die verstärkte Wirkung bei entgegengesetzter Bewegungsrichtung nur auf einer Beschleunigung der Entladung.

Wurde die eine der beiden flachen Spiralen, gesondert von der Hauptleitung, d. h. als Nebendraht, der andern Spirale gegenübergestellt, so äufserte sie keinen merklichen Einflufs auf die wärmende Kraft des Entladungsstroms, ob sie unmittelbar geschlossen oder ganz offen war. Vergröfserte man aber stufenweise den Leitungswiderstand des Nebendrahts durch Drahtzusatz, so verminderte sich die Stärke des Hauptstroms um so auffallender, eine je gröfsere Anzahl Windungen des erregenden Drahts gleichlaufenden Windungen des erregten gegenüberstanden, erreichte bei einer gewissen Gröfse des Leitungswiderstandes einen kleinsten Werth und nahm dann wieder zu. Der im Nebendrahte inducirte Strom wirkt also dann, wenn er in denjenigen Theilen seines Schliefsungsbogens, welche der Induction des Batteriestroms nicht unterworfen sind, mit Leitungshindernissen zu kämpfen hat, auf den Hauptstrom zurück, und der Einflufs dieser tertiären Induction zeigt sich als eine Verzögerung der Entladung, entspricht somit dem wechselseitigen Einflusse zweier Theile der Hauptleitung, in welchen die electrische Flüssigkeit nach gleicher Richtung fliefst.

Wenn zwei parallele Stücke des secundären Bogens einander nahe gebracht werden, so nimmt die Wärmewir-

kung, folglich auch die Stärke des secundären Stroms ab, wenn er beide Stücke nach gleicher Richtung, — sie nimmt zu, wenn er sie in entgegengesetzter Richtung durchläuft. Dasselbe gilt für den tertiären, quaternären Bogen u. s. w. Ströme höherer Ordnung verhalten sich also hinsichtlich der Induction auf die Masse ihrer Leiter ähnlich wie der Batteriestrom.

Induction durch Entladung angehäufter Reibungs-Electricität.

Ist im Nebendraht, entfernt vom inducirenden Einflusse des Hauptstroms, eine flache Spirale eingeschaltet und steht dieser eine gleiche eines tertiären Drahts gegenüber, so hat die Wärmewirkung des secundären Stroms ihren gröfsten Werth, wenn die tertiäre Spirale unmittelbar geschlossen ist; weil in diesem Falle die quaternäre Erregung des tertiären Stroms im secundären Drahte die tertiäre, verzögernde Induction des secundären Stroms in der Masse seines Leiters zum Theile wieder aufhebt. Der secundäre Strom nimmt ab und erreicht allmälig ein Minimum, wenn man den Widerstand der tertiären Leitung durch Drahtzusatz stufenweise vergröfsert. Dieses Minimum liegt weit unter derjenigen Stärke des Nebenstroms, welche bei ganz offener tertiärer Leitung stattfindet.

Ein Verhalten durchaus ähnlicher Art bemerkte Riefs bei den Strömen höherer Ordnung. Er wurde dadurch zu dem Schlusse geführt : dafs die Ströme dritter, fünfter und überhaupt ungerader Ordnung dem Hauptstrome gleichgerichtet sind, und dafs die Ströme zweiter und vierter Ordnung unter sich gleiche Richtung befolgen. Welche diese Richtung sei, betrachtet er vor der Hand als ungewifs, hält aber für wahrscheinlich, dafs auch diese mit der des Hauptstroms übereinstimmen.

Es ist nicht unwichtig, zu bemerken, dafs die Erfahrungssätze, welche diesen Folgerungen zur Grundlage dienten, eine kaum weniger einfache, ja in mehreren Fällen eine weit ungezwungenere Erklärung zulassen, wenn man, ausgehend von dem allgemeinen Grundsatze der Induction, bei der Annahme bleibt, dafs auch die Inductions-

Induction durch Entladung angehäufter Reibungs-Electricität.

ströme der Batterie aus entgegengesetzt gerichteten Wellen bestehen, die bei zwar gleichen Electricitätsmengen ungleiche Bewegungsdauer haben. Diese an und für sich wahrscheinliche Hypothese hat Verdet (1), wie bekannt, durch Polarisationsversuche experimentell gerechtfertigt. Er fand auf diese Weise, übereinstimmend mit Riefs, dafs der beschleunigte Theil des Nebenstroms dem Hauptstrome gleichlaufend ist; abweichend von Riefs machte er dagegen die Beobachtung, dafs derjenige Theil des tertiären Stroms, welcher die gröfste Geschwindigkeit besitzt, sich nach entgegengesetzter Richtung bewegt.

Im Wesentlichen dieselben Resultate erhielt Buff (2), als er anstatt der Leidener Batterie unmittelbar den Conductor der Maschine durch die Hauptleitung sich entladen liefs, während in der Nebenleitung verdünnte Schwefelsäure mit sehr gleichartigen Platinstreifen eingeschaltet war.

Derselbe Strom, welcher die Polarisationseffecte hervorrief, wirkte aber auch direct auf die Galvanometernadel. Mit Hülfe eines langen Multiplicatordrahts konnte man sogar sehr starke Ablenkungen hervorbringen, obschon das Ueberspringen von Funken zwischen den Windungen deutlich zeigte, dafs nicht alle Electricität durch die ganze Drahtlänge lief. Die aus den Ablenkungen der Nadel abgeleitete Richtung der Ströme stimmte mit derjenigen überein, welche sich aus den Polarisationsversuchen ergeben hatte. Es ist demnach wohl nicht zu bezweifeln, dafs für den Fall eines sehr langen Schliefsungsbogens der wirksamste Theil des secundären Stroms die gleiche, der wirksamste Theil des tertiären Stroms die entgegengesetzte Richtung des Hauptstroms verfolgte.

Mit Hülfe eines Multiplicators von nur 30 Windungen und bei metallisch geschlossener Drahtleitung liefs sich auch die schwächere (d. h. verzögerte oder weniger dichte) Inductionswelle direct nachweisen; denn da die stärkere

(1) Vgl. Jahresber. f. 1849, 215. — (2) Ann. Ch. Pharm. LXXXVI, 293.

Induction durch Entladung angehäufter Reibungs-Electricität.

Stromwelle durch Seitenübergang wenigstens theilweise ihren Weg abkürzte, so erhielt die schwächere, welche ganz durch die Windungen laufen mufste, das Uebergewicht auf die Nadel. Auch bei diesen Versuchen liefs Buff den Funken von dem Conductor einer kräftigen Maschine unmittelbar zu der Hauptleitung überspringen, was den Vortheil gewährte, dafs der Ausschlag der Nadel durch eine ganze Reihe rasch auf einander folgender Entladungen bedeutend vergröfsert werden konnte. Es zeigte sich nun, dafs der Effect sehr wesentlich von der Schlagweite, d. h. von dem Abstande des Conductors von einer Kugel, welche den Anfang der Hauptleitung bildete, abhängig war. Bei ganz geringen Schlagweiten und gut metallischer Schliefsung des Nebendrahts zeigte sich keine Wirkung auf die Nadel, indem jetzt beide inducirten Ströme bei geringer Dichte vollständig durch das Multiplicatorgewinde liefen. Bei zunehmender Schlagweite wuchs allmälig die Ablenkung bis zu einem gewissen Maximum und nahm dann wieder ab. Die gröfsten Ausschläge wurden erhalten, wenn dem stärkeren Theile des Inductionsstroms schon vor dem Eintritt in das Multiplicatorgewinde Uebergangspuncte sich darboten, so dafs er durch Ueberschlagen des Funkens seinen Kreislauf vollenden konnte, ohne durch den Multiplicator zu gehen. Die Richtung des Ausschlags bezeichnete einen Strom, der im secundären Drahte dem Hauptstrome entgegenlief, im tertiären Drahte stets gleiche Richtung mit ihm hatte. Waren die Enden des tertiären Drahts durch eine dünne Luftschicht getrennt, welche vom Strom durchbrochen werden konnte, so zeigte die Nadel des kurzen Multiplicators nur bei den geringeren Schlagweiten auf eine dem Hauptstrome entgegenlaufende Stromwelle; dagegen bei den gröfseren Schlagweiten, also bei kräftigerer Induction und verhältnifsmäfsig geringem Leitungswiderstande, verrieth die Bewegung der Nadel einen Strom von gleicher Richtung mit dem Hauptstrome; also ganz so, wie Riefs für ähnliche Umstände angenommen hat. — Da nun Ver-

Induction durch Entladung angehäufter Reibungs-Electricität.

änderungen in der Stärke der inducirenden Kraft, so wie im Leitungswiderstande der Nebendrähte, einen Einflufs wohl auf die Stärke, aber unmöglich auf die Richtung der Inductionsströme haben können, so folgt : dafs der tertiäre Strom wenigstens aus drei, aber wahrscheinlicher aus vier Wellen zusammengesetzt ist; nämlich aus einer gleichgerichteten von geringer Intensität, die den Strom beginnt, aus einer gleichgerichteten von gröfserer Intensität, welche ihn schliefst, und aus zwei entgegengesetzt laufenden, die in der Mitte liegen. Diese Folge der einzelnen Theile des tertiären Stroms würde der Annahme entsprechen, dafs jede der beiden Wellen des secundären Stroms wieder zwei Ströme zu induciren vermag.

Die beiden Extraströme in der Hauptleitung können ebenfalls mit Hülfe der Magnetnadel nachgewiesen werden. Zu dem Ende wurde ein schraubenförmig gebogener Kupferdraht von 138 Windungen, welcher einen Theil der Hauptleitung bildete, an seinen beiden Enden mit den Enden eines Seitendrahts verbunden, der das Multiplicatorgewinde von 30 Windungen enthielt. Der Hauptdraht bestand also jetzt gleichsam aus zwei Aesten, welche sich später wieder vereinigten und in welche sich der Entladungsstrom vertheilen konnte. Die Nadel wich indessen nur um wenige Grade aus ihrer Ruhelage, wenn der vom positiven zum negativen Conductor der Maschine leitende Bogen ununterbrochen metallisch war. Sowie man aber die Electricität nöthigte, vom positiven Conductor zu der Hauptleitung mittelst stufenweise verstärkter Funken überzuschlagen, nahm die Ablenkung im Sinne des durch den Multiplicator sich verzweigenden Theils des Hauptstroms rasch und sehr bedeutend zu, bis bei einer gewissen Schlagweite ein Maximum des Ausschlags stattfand. Diese auffallende Verstärkung findet eine einfache Erklärung durch die beiden im Schraubendrahte inducirten Ströme; Beide kommen zur freien Entwickelung, da ihnen ein geschlossener Metallkreis von verhältnifsmäfsig geringem Leitungswiderstande geboten

ist. Weil aber der gleichgerichtete, als der stärkere, den Weg durch die Windungen des Multiplicators durch Funkenübergang theilweise abkürzt, so kann der entgegengesetzt laufende, addirt zu dem ohnedieſs durch den Multiplicator flieſsenden Theile des Hauptstroms, kräftiger auf die Nadel einwirken. Befindet sich in dem Seitendrahte eine kurze Unterbrechung, so wird der erste Inductionsstrom zurückgehalten, der zweite durchsetzt die Lücke und die Nadel wird nach der andern Seite getrieben. Induction durch Entladung angehäufter Reibungs-Electricität.

Felici (1) hat versucht, die, übrigens schon lange nicht mehr unbekannten Fundamentalgesetze der Volta-Induction experimentell mit Hülfe der Methode der Differenzialwirkungen darzuthun. D. h. er lieſs auf einen Drahtring, in welchem der Strom inducirt werden sollte, zwei andere Ringe einwirken, durch welche der galvanische, inducirende Strom in entgegengesetzten Richtungen circulirte. Volta-Induction.

Eisendraht in die Richtung der erdmagnetischen Anziehung gebracht und stark gedreht, nimmt bekanntlich bleibenden Magnetismus an. Man vermuthete bisher, daſs die Torsion hier ähnlich wie andere magnetische Erschütterungen wirke. Induction durch Torsion.

Wertheim (2) hat aber gefunden, daſs die Drehung in diesem Falle in ganz eigenthümlicher Weise einwirkt, indem sie die materiellen Theile nöthigt, sich in Spiralen anzuordnen und dadurch der Materie selbst die Gestalt giebt, welche Ampère den inneren Strömen beilegt.

Die Torsion bringt vorübergehende magnetische Wirkungen hervor, wenn sie selbst vorübergehend ist, und bleibende, wenn sie bleibend ist, und diese Wirkungen können durch keine andere Art mechanischer Einwirkungen erzeugt werden.

Kurze Zeit nach Faraday's Entdeckung der Rotation eines beweglichen, vom Strome durchflossenen Leiters um die Axe eines Magnets, und umgekehrt der Rotation eines Magneto-Induction.

(1) Ann. ch. phys. [3] XXXIV, 64. — (2) Compt. rend. XXXV, 702; Instit. 1852, 371; Arch. ph. nat. XXI, 223; Phil. Mag. [4] V, 69.

Magneto-Induction.

beweglichen Magnets um einen feststehenden Leiter, fand Ampère, dafs ein cylindrischer Magnet bei hinreichender Beweglichkeit um seine eigene Axe rotirt, sobald ein electrischer Strom an einem beliebigen Punkte seiner Aequatorialzone eindringt, und dann aus der Mitte der einen oder anderen seiner Endflächen sich wieder entfernt. Offenbar unterscheidet sich dieser Versuch von den vorhergehenden nur dadurch, dafs hier Magnet und Leiter zugleich an der drehenden Bewegung Theil nehmen. Es ist hierdurch bewiesen, dafs das Feststehen des einen oder anderen nicht wesentlich ist zur Hervorbringung der Erscheinung, in so fern nur durch die Art ihrer Verbindung dafür gesorgt ist, dafs der eine um den andern rotiren kann.

Da den electromagnetischen Bewegungserscheinungen gewöhnlich magnetoelectrische Inductionserscheinungen entsprechen, so liefs sich erwarten, dafs eine solche Reciprocität sich auch bei dem erwähnten Versuche Ampère's ergeben werde; und wirklich ist diefs von Faraday schon in der zweiten Reihe seiner Experimentaluntersuchungen (1) nachgewiesen worden. Er hatte sich die Frage gestellt, ob zur Hervorbringung der Magnetoinduction, bei ganz unveränderlicher Einwirkung der magnetischen Kraft, die blofse Bewegung hinreichend sei, und bestätigte dann die Richtigkeit seiner Vermuthung durch verschiedene Versuche. Zuerst befestigte er eine Kupferscheibe isolirt auf dem Ende eines cylindrischen Magnetstabes, und setzte beide zusammen in Rotation, während das eine Ende des Galvanometerdrahts mit der Mitte, das andere Ende mit dem Rande der Scheibe in Berührung stand. Es bildete sich ein Strom von gleicher Stärke, wie wenn bei derselben Winkelgeschwindigkeit nur die Scheibe gedreht worden, der Magnet aber befestigt gewesen wäre.

Bei einem andern Versuche wurde ein hohler, am einen Ende geschlossener Kupfercylinder auf einen Magnetstab

(1) Phil. Trans. 1832; Pogg. Ann. XXV, 170.

geschoben, so dafs er gleich einer Kappe die eine Hälfte desselben umschlofs. Isolirt an dem Stabe befestigt wurde er zugleich mit demselben in drehende Bewegung versetzt. Ein starker Strom konnte aus der Mitte oder auch vom Rande des Deckels der Kupferkappe abgeleitet werden, wenn das andere Ende des Galvanometerdrahts mit dem unteren Rande derselben in leitender Berührung stand. Richtung und Stärke dieses Stroms waren dieselben, wie wenn der Kupfercylinder allein sich bewegt hatte. Magneto-Induction.

Endlich brachte Faraday die Enden des Galvanometerdrahtes in leitende Verbindung, einerseits mit der Mitte einer Endfläche, andererseits mit der Mitte des cylindrischen Umfangs des Magnetstabs, so dafs dieser selbst einen Theil des Schliefsungsbogens bilden mufste. Die Rotation des Stabs oder vielmehr der zahllosen, parallel neben einander liegenden Magnetlinien, aus welchen man sich den Stab zusammengesetzt vorstellen kann, um die gemeinschaftliche Axe bewirkte auch in diesem Falle einen Inductionsstrom, dessen Richtung ganz mit derjenigen des Stroms übereinstimmte, der in dem Kupfercylinder oder in einem um den feststehenden Stab rotirenden Kupferdraht erzeugt wurde. Diese Richtung wurde durch Umkehrung des Stabes oder der Drehung ebenfalls umgekehrt. Wenn aber der Magnet in Bezug auf seine eigene Axe fortwährend in der nämlichen Richtung gedreht wurde, dann war die Electricität, welche an seinem Aequator oder in dessen Nähe sich ansammelte, stets derjenigen entgegengesetzt, die gleichzeitig an den beiden Polen auftrat. Wird der Magnet parallel der Erdaxe gehalten, mit seinem Südpol gegen den Polarstern gerichtet, so dafs seine oberen Theile bei der Drehung von Westen nach Osten gehen, in Uebereinstimmung mit der Axendrehung der Erde, so kann man positive Electricität an seinen beiden Enden, und negative in der Umgegend seiner Mitte sammeln.

Diese verschiedenen magnet-electrischen Versuche Faraday's lassen sich als Gegenversuche zu electromagneti-

Magneto-Induction.

schen Umdrehungen betrachten. In allen fand eine Rotation, entweder des Leiters um die Axe des Magnets herum, oder umgekehrt des letzteren um den ersteren statt.

Der Electricitätserregung, welche durch die Drehung eines Magnets um seine Axe in seiner eigenen Masse bewirkt wird, hat späterhin W. Weber, geleitet von gewissen theoretischen Vorstellungen, den Namen *unipolare Induction* (1) gegeben. Er glaubte damals das Auftreten dieser Inductionserscheinung als Einwurf gegen Ampère's Hypothese der Molecularströme benutzen zu können. Nach der Hand hat er jedoch das Gewicht dieses Einwurfs selbst wieder beseitigt (2).

Um die in dem rotirenden Magnete inducirte Electricität, welche bei unveränderter Richtung der Umdrehung ihre Bewegungsrichtung ebenfalls unverändert beibehält, regelmäfsig und dauernd benutzen zu können, liefs Weber eine besondere Geräthschaft, eine Art Magneto-Inductionsmaschine construiren. Ein um seine horizontal liegende Axe drehbarer Magnet konnte mittelst eines Räderwerks in beliebig rasche Bewegung versetzt werden. Auf demselben verschiebbar war eine Messingscheibe angebracht, deren Rand unterhalb des Magnets in Quecksilber tauchte. Der eine Ableitungsdraht tauchte in dieses Quecksilber, der andere stand in Verbindung mit der Axe. Die Stärke des entwickelten Stroms zeigte sich der Umdrehungsgeschwindigkeit proportional, und erhielt unter übrigens gleichen Verhältnissen ihren gröfsten Werth, wenn sich die Messingscheibe in der Mitte des Stahlcylinders befand (3). Indessen blieb die Electricitätsmenge, welche vom positiven Ende abgeleitet wurde, bei gleicher Umdrehungsgeschwindigkeit stets derjenigen gleich, welche vom negativen Ende abflofs, mochte nun die Scheibe auf der Mitte des Stabs sitzen, oder gegen das eine oder das andere Ende hingeschoben sein.

(1) Res. aus den Beob. d. magnet. Vereins 1839, 63; Pogg. Ann. LII, 353. — (2) Abhandl. d. Sächs. Gesellsch. d. Wiss. 1846, 305. — (3) Pogg. Ann. LII, 378.

Die in dem Vorhergehenden beschriebene Klasse von Inductionserscheinungen ist, wie es scheint, in den letzten zwölf Jahren ziemlich unbeachtet geblieben. Seit einiger Zeit hat Plücker (1) denselben seine Aufmerksamkeit zugewendet, und eine Reihe von Versuchen ähnlicher Art, wie die vorher erwähnten, welche er in mannichfaltiger belehrender Abwechslung ausführte, bekannt gemacht. Auch hat er verschiedene, zum Gebrauche für Vorlesungen ganz besonders empfehlenswerthe Geräthschaften beschrieben, die unter seiner Leitung angefertigt worden sind, und welche das Eigenthümliche besitzen, dafs sie unter dem Einflusse galvanischer Ströme als electromagnetische Umdrehungsapparate dienen können, dahingegen durch äufsere Kräfte in Rotation versetzt magnetoelectrische Ströme hervorbringen. Die Reciprocität beider Wirkungsweisen wird dadurch in sehr anschaulicher Weise dargethan. Ein Inductionsstrom durch Rotation, welchem ein electromagnetischer Gegenversuch nicht entspricht, kann nicht stattfinden. Z. B. durch die Umdrehung eines Magnetstabs neben einem parallelen Draht, der sich nicht bewegt, oder im Innern eines feststehenden Kupfercylinders (den man als ein System im Kreise geordneter Streifen betrachten kann), läfst sich kein Strom erzeugen, weil während jeder Umdrehung des Magnets die Wirkungen entgegengesetzter Bewegungen sich wechselseitig aufheben. Magneto-Induction.

Um die Richtung des durch Drehung eines Magnets inducirten Stroms, oder, wenn kein äufserer Leiter sich vorfindet, die Art der electrischen Vertheilung zu bestimmen, bezieht sich Plücker in ähnlicher Weise wie Faraday auf die Umwälzung der magnetischen Erde um ihre Axe. »Die Erde«, sagt er dann weiter, »ist hier nur als ein Beispiel angeführt. Aber auch in der Wirklichkeit mufs sich unter dem Aequator und in den Tropengegenden negative, unter den beiden Polen und in ihrer Nähe positive

(1) Pogg. Ann. LXXXVII, 352.

Magneto-Induction.

Electricität ansammeln, deren Spannung nach der gemäfsigten Zone hin immer mehr abnimmt. Sollte nicht die durch die inducirende Kraft des Erdmagnets in der heifsen Zone erregte negative Electricität, von den in Menge aufsteigenden Wasserdünsten getragen, eine reiche Quelle atmosphärischer Electricität abgeben? Sollte nicht in höheren Breitegraden ebenso, nur der geringeren Verdunstung wegen in schwächerem Mafse, die positive Electricität in die Luft steigen? Dann müfste freilich die ursprüngliche Electricität der Wolken in der heifsen Zone die negative, in der kalten die positive sein. Sollte nicht die positive in der nächsten Umgebung der Pole, wo ihr Dünste als Träger fast gänzlich fehlen, das Nord- und Südlicht erzeugen?«

Plücker geht jedoch auf eine nähere Betrachtung dieser Fragen vorläufig nicht ein; er begnügt sich, dieselben einfach hingestellt zu haben, ohne eine solche Erklärung der atmosphärischen Electricität jetzt schon vertreten zu wollen.

Auf die folgenden Arbeiten: von Sinsteden (1), über die Natur der Spannungselectricität in ungeschlossenen Inductionsspiralen; von Koosen, zur Theorie der Saxton'schen Maschine (2); von Koosen, über den Inductionsstrom der electromagnetischen Maschine (3); und von demselben Verfasser, über die electromagnetische Wirkung electrischer Ströme von sehr kurzer Dauer (4), werden wir in unserem nächsten Berichte zurückkommen.

Commutator.

Felix de Fauconpret (5) hat einen Commutator beschrieben, welcher dienen kann, um nach Bedürfnifs die beiden Inductionsströme gleich zu richten, oder auch den einen auszuschliefsen. Die Einrichtung ist übrigens ziemlich complicirt und läfst sich ohne Zeichnung nicht deutlich machen.

(1) Pogg. Ann. LXXXV, 465. — (2) Pogg. Ann. LXXXVII, 386. — (3) Pogg. Ann. LXXXV, 226. — (4) Pogg. Ann. LXXXVII, 514. — (5) Ann. ch. phys. [3] XXXVI, 155; Pogg. Ann. LXXXVIII, 590.