

DER PHYSIK UND CHEMIE.
BAND CX.

*I. Chemische Analyse durch Spectralbeobachtungen;
von G. Kirchhoff und R. Bunsen.*

Es ist bekannt, daß manche Substanzen die Eigenschaft haben, wenn sie in eine Flamme gebracht werden, in dem Spectrum derselben gewisse helle Linien hervortreten zu lassen. Man kann auf diese Linien eine Methode der qualitativen Analyse gründen, welche das Gebiet der chemischen Reaktionen erheblich erweitert und zur Lösung bisher unzugänglicher Probleme führt. Wir beschränken uns hier zunächst nur darauf, diese Methode für die Metalle der Alkalien und alkalischen Erden zu entwickeln und ihren Werth an einer Reihe von Beispielen zu erläutern.

Die erwähnten Linien zeigen sich um so deutlicher, je höher die Temperatur und je geringer die eigene Leuchtkraft der Flamme ist. Die von Einem von uns angegebene Gaslampe¹⁾ liefert eine Flamme von sehr hoher Temperatur und sehr kleiner Leuchtkraft; dieselbe ist daher vorzugsweise geeignet zu Versuchen über die jenen Substanzen eigentümlichen hellen Linien.

Auf Taf. V sind die Spectren dargestellt, welche die genannte Flamme giebt, wenn die so rein als möglich dargestellten Chlorverbindungen von Kalium, Natrium, Lithium, Strontium, Calcium, Baryum in ihr verflüchtigt werden. Das Sonnenspectrum ist, um die Orientirung zu erleichtern, beigefügt.

Die zu den Versuchen benutzte Kaliumverbindung wurde durch Glühen von chlorsaurem Kali, welches zuvor sechs bis achtmal umkristallisiert war, dargestellt.

1) Diese Annal. Bd. 100, S. 85.

Poggendorff's Annal. Bd. CX.

Das Chlornatrium setzten wir aus reinem kohlensaurem Natron und Salzsäure zusammen, und reinigten dasselbe gleichfalls durch öfters wiederholtes Umkristallisiren.

Das Lithionsalz war durch vierzehnmalige Fällung mit kohlensaurem Ammoniak gereinigt.

Zur Darstellung der Calciumverbindung diente ein möglichst reiner, in Salzsäure gelöster Marmor. Aus der Lösung desselben wurde durch fractionirte Fällung mit kohlensaurem Ammoniak kohlensaurer Kalk in zwei Portionen niedergeschlagen, von welchen nur die zuletzt niederfallende in salpetersauren Kalk verwandelt wurde. Das so erhaltene Kalksalz lösten wir zu wiederholten Malen in absolutem Alkohol auf und verwandelten es endlich nach Verflüchtigung des Alkohols und Fällung mit kohlensaurem Ammoniak durch Salzsäure in die Chlorverbindung.

Um das Chlorbaryum rein zu erhalten, extrahirten wir die käufliche Verbindung zu wiederholten Malen durch Zusammenreiben und Kochen mit nicht ganz absolutem Alkohol. Der so extrahierte, von Alkohol befreite, in Wasser gelöste Rückstand ward fractionirt in zwei Portionen gefällt, nur die zweite in Salzsäure gelöst und das erhaltene Chlorbaryum noch weiter durch wiederholtes Umkristallisiren gereinigt.

Um das Chlorstrontium möglichst rein zu gewinnen, wurde die käufliche Verbindung wiederholt aus Alkohol umkristallisiert, fractionirt in zwei Portionen mit kohlensaurem Ammoniak gefällt, die zweite Fällung in Salpetersäure gelöst und das salpetersaure Salz durch Zusammenreiben und Auskochen mit Alkohol von den letzten Spuren Kalk befreit. Aus dem so gereinigten Producte wurde endlich durch Fällen mit kohlensaurem Ammoniak und Auflösen des Niederschlags in Salzsäure das Chlorstrontium erhalten. Alle diese Reinigungen geschahen, soweit es ausführbar war, in Platingefäßen.

In Fig. I Taf. VI ist der Apparat abgebildet, dessen wir uns meistens zur Beobachtung der Spectren bedient haben. A ist ein innen geschwärzter Kasten, dessen Boden die

Gestalt eines Trapez hat und der auf drei Füßen ruht; die beiden schiefen Seitenwände desselben, die einen Winkel von etwa 58° mit einander bilden, tragen die beiden kleinen Fernröhre *B* und *C*. Die Ocularlinsen des ersten sind entfernt und ersetzt durch eine Platte, in der ein aus zwei Messingschneiden gebildeter Spalt sich befindet, der in den Brennpunkt der Objectivlinse gestellt ist. Vor dem Spalt steht die Lampe *D* so, dass der Saum ihrer Flamme von der Axe des Rohres *B* getroffen wird. Etwas unterhalb der Stelle, wo die Axe den Saum trifft, läuft in denselben das zu einem kleinen Ohr gebogene Ende eines sehr feinen Platindrahtes, der von dem Träger *E* gehalten wird; diesem Ohr ist eine Perle der zu untersuchenden, vorher entwässerten Chlorverbindung angeschmolzen. Zwischen den Objectiven der Fernröhre *B* und *C* steht ein Hohlprisma *F* von 60° brechendem Winkel, das mit Schwefelkohlenstoff angefüllt ist. Das Prisma ruht auf einer Messingplatte, die um eine verticale Axe drehbar ist. Diese Axe trägt an ihrem unteren Ende den Spiegel *G* und darüber den Arm *H*, der als Handhabe dient, um das Prisma und den Spiegel zu drehen. Gegen den Spiegel ist ein kleines Fernrohr gerichtet, welches dem hindurchblickenden Auge das Spiegelbild einer in geringer Entfernung aufgestellten horizontalen Skale zeigt. Durch Drehung des Prismas kann man das ganze Spectrum der Flamme bei dem Verticalfaden des Fernrohrs *C* vorbeiführen und jede Stelle des Spectrums mit diesem Faden zur Deckung bringen. Einer jeden Stelle des Spectrums entspricht eine an der Skale zu machende Ablesung. Ist das Spectrum sehr lichtschwach, so wird der Faden des Fernrohrs *C* beleuchtet mit Hilfe einer Linse, die einen Theil der von einer Lampe ausgehenden Strahlen durch eine kleine Öffnung wirft, die in der Ocularröhre des Fernrohrs *C* seitlich angebracht ist.

Die Taf. V dargestellten, mit Hilfe der oben erwähnten reinen Chlorverbindungen erzeugten Spectren haben wir mit denjenigen verglichen, welche man erhält, wenn man die Bromide, Iodide, Oxyhydrate, die schwefelsauren und koh-

lensauren Salze der entsprechenden Metalle in folgende Flammen bringt:

- in die Flamme des Schwefels,
- » » » » Schwefelkohlenstoffs,
- » » » » wasserhaltigen Alkohols,
- » » nicht leuchtende Flamme des Leuchtgases,
- » » Flamme des Kohlenoxydsgases,
- » » » » Wasserstoffs und
- » » Knallgasflamme.

Bei dieser umfassenden und zeitraubenden Untersuchung, deren Einzelheiten wir übergehen zu dürfen glauben, hat sich herausgestellt, dass die Verschiedenheit der Verbindungen, in denen die Metalle angewandt wurden, die Mannigfaltigkeit der chemischen Processe in den einzelnen Flammen und der ungeheure Temperaturunterschied dieser letzteren *keinen Einfluss auf die Lage der den einzelnen Metallen entsprechenden Spectrallinien ausübt.*

Wie bedeutend die erwähnten Temperaturunterschiede sind, ergiebt sich aus der folgenden Betrachtung.

Man gelangt zu einer Schätzung der Temperatur einer Flamme mit Hülfe der Gleichung

$$t = \frac{\Sigma w}{\Sigma p},$$

in der t die fragliche Temperatur der Flamme, g das Gewicht eines der mit Sauerstoff verbrennenden Stoffe, w die Verbrennungswärme desselben, p das Gewicht und s die specifische Wärme eines der Verbrennungsproducte bedeutet.

Nimmt man die Verbrennungswärme

des Schwefels	zu 2240° C.
» Schwefelkohlenstoffs »	3400
» Wasserstoffs	» 34462
» Grubengases	» 13063
» Elayls	» 11640
» Ditetryls	» 11529
» Kohlenoxyds	» 2403

an und setzt nach Regnault die specifische Wärme bei constantem Druck

für schweflige Säure	= 0,1553
» Koblensäure	= 0,2164
» Stickstoff	= 0,2440
» Wasserdampf	= 0,4750,

so findet man hiernach die Temperatur

der Schwefelflamme	1820° C.
» Schwefelkohlenstoffflamme	2195
» Leuchtgasflamme ¹⁾ . . . ,	2350
» Kohlenoxydflamme ²⁾ . . .	3042
» Wasserstoffflamme in Luft ³⁾	3259
» Knallgasflamme ⁴⁾ . . .	8061

Es zeigte sich, dass dieselbe Metallverbindung in einer dieser Flammen ein um so intensiveres Spectrum giebt, je höher die Temperatur derselben ist. Von den Verbindungen desselben Metalls liefert in *einer* Flamme diejenige die grösere Lichtstärke, der eine grössere Flüchtigkeit zukommt.

Um noch einen weiteren Beleg dafür zu erhalten, dass jedes der mehrfach genannten Metalle immer dieselben hellen Linien in dem Spectrum hervortreten lässt, haben wir die gezeichneten Spectren mit denjenigen verglichen, welche ein elektrischer Funke gewährt, der zwischen Elektroden, die aus jenen Metallen bestehen, überspringt.

Kleine Stücke von Kalium, Natrium, Lithium, Strontium und Calcium wurden an feine Platindrähte gebunden und in Glasmänteln paarweise so eingeschmolzen, dass sie durch einen Zwischenraum von 1 bis 2mm von einander getrennt waren und die Drähte die Glaswand durchdrangen. Jede dieser Röhren wurde vor dem Spalt des Spectralinstruments aufgestellt: mit Hülfe eines Ruhmkorff'schen Inductionsapparates ließen wir zwischen den genannten Metallstücken elektrische Funken überspringen und verglichen das Spectrum derselben mit dem Spectrum einer Gasflamme, in welche die Chlorverbindung des entsprechenden Metalls gebracht

1) Liebig's Ann., Bd. CXI, S. 258.

2) Gasometrische Methode von R. Bunsen, S. 254.

3) Ebendaselbst.

4) Ebendaselbst.

war. Die Flamme befand sich hinter der Glasröhre. Indem der Ruhmkorff'sche Apparat abwechselnd in und aufser Thätigkeit gesetzt wurde, war es leicht, ohne Messung sich mit Schärfe davon zu überzeugen, dafs in dem glänzenden Spectrum des Funkens die hellen Linien des Flammenspectrums unverrückt vorhanden waren. Außer diesen traten in dem Funkenspectrum noch andere helle Linien auf, von denen ein Theil der Anwesenheit von fremden Metallen in den Elektroden, ein anderer dem Stickstoff, der die Röhren erfüllte, nachdem der Sauerstoff einen Theil der Elektroden oxydiert hatte, zugeschrieben werden muß¹⁾.

Es erscheint hiernach unzweifelhaft, dafs die hellen Linien der gezeichneten Spectren als sichere Kennzeichen der Anwesenheit der betreffenden Metalle betrachtet werden dürfen. Sie können als Reactionsmittel dienen, durch welche diese Stoffe schärfer, schneller und in geringeren Mengen sich nachweisen lassen, als durch irgend ein anderes analytisches Hülfsmittel.

Die abgebildeten Spectren beziehen sich auf den Fall, dafs der Spalt so weit ist, dafs von den dunklen Linien des Sonnenspectrums nur die deutlichsten wahrnehmbar sind, dafs die Vergrößerung des Beobachtungs Fernrohres eine geringe (etwa viermalige) und die Lichtstärke eine mäßige ist. Diese Bedingungen scheinen uns die vortheilhaftesten, wenn es sich darum handelt, eine chemische Analyse durch Spectralbeobachtungen auszuführen. Der Anblick der Spectren kann unter anderen Bedingungen ein wesentlich anderer sein. Wird die Reinheit des Spectrums vermehrt, so zerfallen viele von den als einfach gezeichneten Linien in mehr-

1) Als wir bei einem Versuche mit Strontiumelektroden ein mit Wasserstoff statt mit Stickstoff gefülltes Röhrchen anwandten, verwandelte sich der Funkenstrom sehr bald in einen Lichtbogen, während die Wand des Röhrchens sich mit einem grauen Beschlag bedeckten. Beim Öffnen des Röhrchens unter Steinöl zeigte es sich, dafs das Wasserstoffgas verschwunden und ein luftleerer Raum entstanden war. Das Gas scheint daher bei den ungeheuren Temperaturen des elektrischen Funken das Strontiumoxyd, welches nicht völlig von der Oberfläche des Metalls entfernt worden war, reducirt zu haben.

rere, die Natriumlinie z. B. in zwei; wird die Lichtstärke vermehrt, so zeigen sich in mehreren der gezeichneten Spectren neue Linien, und die Verhältnisse der Helligkeiten der alten werden andere. Im Allgemeinen wächst bei Vermehrung der Lichtstärke die Helligkeit einer dunkleren Linie schneller als die einer helleren, doch so, dass jene nicht diese überholt. Ein deutliches Beispiel hierfür bieten die beiden Lithiumlinien. Nur eine Ausnahme haben wir von dieser Regel beobachtet, und zwar bei der Linie $Ba\gamma$, welche bei geringer Lichtstärke gar nicht wahrnehmbar ist, während $Ba\gamma$ sehr deutlich erscheint und bei großer Lichtstärke sehr viel heller als diese ist. Diese Thatsache scheint uns von Wichtigkeit und wir werden dieselbe einer weiteren Untersuchung unterwerfen.

Es sollen jetzt die Eigenthümlichkeiten der einzelnen Spectren, deren Kenntniß in praktischer Hinsicht von Wichtigkeit ist, näher besprochen, und die Vortheile, welche die auf sie gegründete chemisch-analytische Methode bietet, hervorgehoben werden.

Natrium.

Von allen Spectralreactionen ist die des Natriums am empfindlichsten. Die gelbe Linie $Na\alpha$, die einzige, welche das Natriumspectrum aufzuweisen hat, fällt mit der Fraunhofer'schen Linie D zusammen und zeichnet sich durch ihre besonders scharfe Begrenzung und ihre außerordentliche Helligkeit aus. Ist die Flamentemperatur sehr hoch und die Menge der angewandten Substanz sehr groß, so zeigen sich in den nächsten Umgebungen der Linie Spuren eines continuirlichen Spectrums. Schon an sich sehr schwache, in ihre Nähe fallende Linien anderer Stoffe erscheinen dann noch mehr geschwächt und werden daher nicht selten erst sichtbar, wenn die Natriumreaction zu erloschen beginnt.

An der Sauerstoff-, Chlor-, Iod und Brom-Verbindung, an dem schwefelsauren und kohlensauren Salze zeigt sich die Reaction am deutlichsten. Allein selbst bei den kiesel-

sauen, borsauren, phosphorsauren und anderen feuerbeständigen Salzen fehlt sie nicht.

Schon Swan¹⁾) hat auf die Kleinheit der Kochsalzmengen aufmerksam gemacht, welche die Natriumlinie noch deutlich hervorbringen können.

Folgender Versuch zeigt, dass die Chemie keine einzige Reaction aufzuweisen hat, welche sich auch nur im Entferntesten mit dieser spectralanalytischen Bestimmung des Natriums an Empfindlichkeit vergleichen ließe. Wir verpufften in einer vom Standorte unseres Apparates möglichst entlegenen Ecke des Beobachtungszimmers, welches ungefähr 60 Kubikmeter Luft fasst, 3 Milligramm chlorsaures Natron mit Milchzucker, während die nicht leuchtende Lampe vor dem Spalt beobachtet wurde. Schon nach wenigen Minuten gab die allmählig sich fahlgelblich färbende Flamme eine starke Natriumlinie, welche erst nach 10 Minuten wieder völlig verschwunden war. Aus dem Gewichte des verpufften Natronsalzes und der im Zimmer enthaltenen Luft lässt sich leicht berechnen, dass in einem Gewichttheile der letzteren nicht einmal $\frac{1}{100000}$ Gewichtsheil Natronrauch suspendirt sein konnte. Da sich die Reaction in der Zeit einer Secunde mit aller Bequemlichkeit beobachten lässt, in dieser Zeit aber nach dem Zufluss und der Zusammensetzung der Flammengase nur ungefähr 50 CC. oder 0,0647 Grm. Luft, welche weniger als $\frac{1}{100000}$ des Natronsalzes enthalten, in der Flamme zum Glühen gelangen, so ergiebt sich, dass das Auge noch weniger als $\frac{1}{100000}$ Milligramm des Natronsalzes mit der größten Deutlichkeit zu erkennen vermag. Bei einer solchen Empfindlichkeit der Reaction wird es begreiflich, dass nur selten in glühender atmosphärischer Luft eine deutliche Natronreaction fehlt. Die Erde ist auf mehr als zwei Dritteln ihrer Oberfläche mit einer Kochsalzlösung bedeckt, welche von den zu Schaumfällen sich überstürzenden Meereswogen unaufhörlich in Wasserstaub verwandelt wird. Die Meerwassertröpfchen, welche

1) Diese Ann. Bd. C. S. 311.

auf diese Art in die Atmosphäre gelangen, verdunsten und hinterlassen kochsalzhaltige Sonnenstäubchen, die zwar einen der Gröfse nach wechselnden, aber wie es scheint nur selten fehlenden Gemengtheil der Atmosphäre ausmachen, und die vielleicht dazu bestimmt sind, den kleinen Organismen die Salze zuzuführen, welche die gröfsen Pflanzen und Thiere dem Boden entnehmen. Dieser durch Spectralanalyse leicht erweisliche Kochsalzgehalt der Luft verdient noch in einer andern Hinsicht Beachtung. Wenn es nämlich, wie man jetzt wohl kaum mehr bezweifeln kann, katalytische Einflüsse sind, welche die miasmatische Verbreitung der Krankheiten vermitteln, so möchte eine antiseptisch wirkende Substanz, wie das Kochsalz, selbst in verschwindend kleiner Menge wohl kaum ohne wesentlichen Einfluss auf solche Vorgänge in der Luft seyn können. Aus täglichen, längere Zeit fortgesetzten Spectralbeobachtungen wird sich leicht erkennen lassen, ob die Intensitätsänderungen der durch die atmosphärischen Natriumverbindungen erzeugten Spectrallinie $Na\alpha$ mit dem Erscheinen und mit der Verbreitungsrichtung endemischer Krankheiten in irgend einem Zusammenhange steht.

In der unerhörten Empfindlichkeit dieser Natronreaction ist zugleich der Grund zu suchen, dass alle der Luft ausgesetzten Gegenstände nach einiger Zeit bei dem Erhitzen in der Flamme die Natriumlinie zeigen, und dass es nur bei wenigen Verbindungen gelingt, selbst wenn man sie zehn- und mehrmal aus Wasser, das nur mit Platingefäßen in Beührung kam, umkristallisiert, die letzte Spur der Linie $Na\alpha$ zu beseitigen. Ein haarförmiger Platindraht, den man durch Ausglühen von jeder Spur Natron befreit hat, zeigt die Reaction auf das Deutlichste wieder, wenn man ihn einige Stunden der Luft ausgesetzt hat. Nicht minder zeigt sie der Staub, welcher sich in Zimmern aus der Luft absetzt, so dass z. B. das Abklopfen eines bestäubten Buches schon genügt, um in einer Entfernung von mehreren Schritten das heftigste Aufblitzen der $Na\alpha$ -Linie zu bewirken.

Lithium.

Der glühend leuchtende Dampf der Lithiumverbindungen giebt zwei scharf begrenzte Linien, eine gelbe sehr schwache $\text{Li}\beta$ und eine rothe, glänzende Linie $\text{Li}\alpha$. An Sicherheit und Empfindlichkeit übertrifft auch diese Reaction alle in der analytischen Chemie bisher bekannten. Der Natrium-reaction steht sie indessen an Empfindlichkeit etwas nach vielleicht nur weil das Auge für gelbe Strahlen empfindlicher ist als für rothe. Durch Verpuffen von 9 Milligr. kohlensaurem Lithium mit einem grossen Ueberschuss von Milchzucker und chlorsaurem Kali in der ungefähr 60 Cubikmeter fassenden Luft des Zimmers war die Linie schon deutlich sichtbar. Das Auge kanu daher auf diese Weise, wie eine der oben angeführten ähnliche Rechnung zeigt, noch weniger als $\frac{1}{100000}$ eines Milligramms kohlensaures Lithium mit der grössten Schärfe erkennen. 0,05 Grm. desselben Salzes auf die erwähnte Art verpuffst, ertheilte der Luft desselben Zimmers die Fähigkeit, länger als eine Stunde andauernd die $\text{Li}\alpha$ -Linie hervorzubringen.

Die Sauerstoff-, Chlor-, Iod- und Bromverbindung ist am geeignesten zur Erkennung des Lithiums. Aber auch das kohlensaure, schwefelsaure und selbst das phosphorsaure Salz eignen sich fast eben so gut zu diesem Zwecke. Lithionhaltige Fossilien, wie Triphyllin, Triphan, Petalit, Lepidolith brauchen nur in die Flamme gehalten zu werden, um ohne weiteres die Linie $\text{Li}\alpha$ im intensivsten Glanze zu geben. Auf diese Weise lässt sich Lithion in manchen Feldspäthen, z. B. in Orthoklas von Baveno unmittelbar nachweisen. Die Linie zeigt sich dann nur einige Augenblicke lang gleich nach dem Einbringen der Probe in die Flamme. So zeigten sich als lithionhaltig die Glimmer von Altenberg und Penig, als frei von Lithium dagegen Glimmer von Miask, Aschaffenburg, Modum, Bengalen, Pensylvanien etc. Wo in natürlich vorkommenden Silicaten nur ein verschwindend kleiner Lithiongehalt auftritt, entzieht sich derselbe der unmittelbaren Beobachtung. Die Prüfung geschieht dann in solchen Fällen am besten auf folgende Weise: man digerirt

und verdampft eine kleine Menge der zu prüfenden Substanz mit Flusssäure oder Fluorammonium, dampft etwas Schwefelsäure über dem Rückstand ab und zieht die trockne Masse mit absolutem Alkohol aus. Die zur Trockenheit abgedampfte alkoholische Lösung wird dann noch einmal mit Alkohol extrahirt und die so erhaltene Flüssigkeit auf einer möglichst flachen Glasschale verdunstet. Der Anflug, welcher dabei zurückbleibt, lässt sich leicht mittelst eines Radirmessers zusammenschaben und am Platindrähtchen in die Flamme bringen. 10 Milligr. davon reicht gewöhnlich für den Versuch vollkommen aus. Andere Verbindungen, als kiesel saure, in denen man noch die letzten Spuren Lithion entdecken will, werden nur durch Eindampfen mit Schwefelsäure oder auf irgend einem anderen Wege in schwefelsaure Salze verwandelt und dann ebenso behandelt.

Mit Hülfe dieses Verfahrens lässt sich leicht die unerwartete Thatsache außer Zweifel setzen, dass das Lithion zu den am allgemeinsten in der Natur verbreiteten Stoffen gehört. Dasselbe lässt sich mit der größten Leichtigkeit schon in 40 Cubikmeter Meerwasser nachweisen, welches unter $39^{\circ} 14'$ westl. Länge und $41^{\circ} 41'$ nördl. Breite im atlantischen Ocean geschöpft war. Asche von Fucoiden (Kelp), welche vom Golfstrom an die Schottischen Küsten getrieben werden, enthielt erhebliche Spuren davon. Sämtliche Orthoklase und Quarze aus dem Granit des Odenwaldes, die wir geprüft haben, zeigten sich lithionhaltig. Ein sehr reines Trinkwasser aus einer Quelle am granitischen westlichen Abhange des Neckarthalens in Schlierbach bei Heidelberg enthielt Lithion, während die im bunten Sandstein entspringende Quelle, welche die Wasserleitung des hiesigen chemischen Laboratoriums speist, frei davon war. Mineralwasser, bei welchen Lithium kaum noch in 1 Litre nach dem gewöhnlichen analytischen Verfahren nachgewiesen werden kann, zeigen die $\text{Li}\alpha$ Linie oft schon, wenn man nur einen Tropfen davon an einem Platindräht in die Flamme bringt¹⁾. Alle von uns untersuchten odenwälder Aschen

1) Wenn es sich darum handelt, eine Flüssigkeit in die Flamme zu bringen,

aus Hölzern, welche auf Granitboden wachsen, sowie Russische und andere käufliche Pottaschen enthalten Lithion. Selbst in den Aschen des Tabaks, der Weinblätter, des Re却holzes und der Weinbeeren¹⁾, sowie in der Asche der Feldfrüchte, welche in der Rheinebene bei Waghäusel, Deidesheim und Heidelberg auf nicht granitischem Boden gezogen werden, fehlt das Lithion eben so wenig, als in der Milch der Thiere, welche mit jenen Feldfrüchten genährt werden²⁾.

Es braucht kaum bemerkt zu werden, dass ein Gemenge von flüchtigen Natron- und Lithionsalzen neben der Reaction des Natriums die des Lithiums mit einer kaum merklich vermindernden Schärfe und Deutlichkeit zeigt. Die rothe Linie des letzteren erscheint durch eine kleine in die Flamme gebrachte Perle noch deutlich sichtbar, wenn diese Perle nur $\frac{1}{1000}$ Lithiumsalz enthält, wobei das Auge für sich an der Flamme selbst nichts als das gelbe Licht des Natriums ohne jede Andeutung einer röthlichen Färbung wahrnimmt. In Folge der gröfseren Flüchtigkeit der Lithionsalze hält die Natronreaction gewöhnlich etwas länger an. Wo es sich daher um die Erkennung sehr kleiner Spuren von Lithion neben Natron handelt, muss die Probepерle in die Flamme geschoben werden, während man schon durch das Fernrohr blickt. Man gewahrt dann die Lithiumlinie oft nur auf wenige Augenblicke unter den ersten Verflüchtigungsproducten.

Wo es sich bei der technischen Gewinnung der Lithiumverbindungen um die Auswahl des zu benutzenden Roh-

so biegt man aus dem einen Ende eines pferdehaardicken Platindrahtes einen kleinen mit einem Durchmesser versehenen Ring und schlägt denselben platt. Läßt man in das so gebildete Oehr einen Flüssigkeitstropfen fallen, so bleibt eine für den Versuch hinreichende Menge dario hängen.

- 1) In den bei der fabrikmässigen Weinsäurengewinnung fallenden Mutterlaugen concentrirt sich das Lithion so sehr, dass man aus denselben erhebliche Mengen davon darstellen kann.
- 2) Herr Dr. Folwarczny hat sogar in der Asche des menschlichen Blutes und Muskelfleisches durch die Linie $Li\alpha$ leicht Lithiumverbindungen nachweisen können.

materials und die Auffindung einer zweckmäfsigen Darstellungsmethode handelt, gewährt die Spectralanalyse ein Hülfsmittel von unschätzbarem Werthe. So genügt es z. B. schon, von verschiedenen Soolmutterlaugen nur einen Tropfen in der Flamme zu verdampfen und durch das Fernrohr zu beobachten, um sich sogleich zu überzeugen, dass in vielen dieser Salinenrückstände ein reiches, bisher übersehenes Lithionmaterial gegeben ist. Dabei kann man im Verlaufe der Darstellung jeden Verlust an Lithion in den Nebenprodukten und Abfällen durch die Spectralreaction unmittelbar verfolgen und so leicht zweckmäfsigere Darstellungsmethoden als die bisher gebräuchlichen sich aufsuchen').

Kalium.

Die flüchtigen Kaliumverbindungen geben in der Flamme ein sehr ausgedehntes continuirliches Spectrum, welches nur zwei charakteristische Linien zeigt; die eine $Ka\alpha$ in dem äussersten an die ultraröthen Strahlen grenzenden Roth, genau auf die dunkle Linie *A* des Sonnenspectrums fallend, die andere $Ka\beta$ weit in Violet nach dem anderen Ende des Spectrums hin ebenfalls einer Fraunhofer'schen Linie entsprechend. Eine sehr schwache, mit der Fraunhofer-schen Linie *B* zusammenfallende Linie, die außerdem noch, aber nur bei der intensivsten Flamme, sichtbar wird, ist wenig charakteristisch. Die blaue Linie ist ziemlich schwach, eignet sich aber fast eben so gut wie die rothe Linie zur Erkennung des Kaliums. Die Lage beider Linien in der Nähe der beiden Grenzen der für das Auge wahrnehmbaren Strahlen macht die Reaction zu einer weniger empfindlichen. In der Luft unseres Zimmers wurde sie erst sichtbar, als wir gegen 1 Gramm mit Milchzucker gemengtes

I) Wir erhielten nach einer solchen verbesserten Methode aus zwei Mineralwasserkrügen (gegen 4 Litre) einer Soolmutterlauge, welche durch Eindampfen mit Schwefelsäure 1 $\frac{1}{2}$,2 Rückstand gaben, eine halbe Unze kohlensaures Lithion von der Reinheit des käuflichen, dessen Handelswerth ungefähr 140 fl. per Pfund beträgt. Eine grosse Zahl anderer Soolmutterlaugen, die wir untersuchten, zeigten einen ähnlichen Reichtum an Lithiumverbindungen.

chlorsaures Kali abbrannten. Man kann daher dem Auge auf diese Weise nur ungefähr $\frac{1}{1000}$ Milligr. chlorsaures Kali noch sichtbar machen.

Kalihydrat und sämmtliche Verbindungen des Kalis mit flüchtigen Säuren zeigen die Reaction ohne Ausnahme. Kalisilicate und ähnliche feuerbeständige Salze dagegen bringen sie für sich allein nur bei sehr vorwiegendem Kaligehalt hervor. Bei geringerem Kaligehalt darf man die Probeperle nur mit etwas kohlensaurem Natron zusammenschmelzen, um die charakteristischen Linien zum Vorschein zu bringen. Die Gegenwart von Natronsalzen verhindert mithin die Reaction nicht und beeinträchtigt die Empfindlichkeit derselben nur wenig. Orthoklas, Sanidin und Adular lassen sich durch leicht von Albit, Oligoklas, Labrador und Anorthit unterscheiden. Um verschwindend kleine Kalispuren noch nachzuweisen, braucht man die Silicate nur mit einem großen Ueberschuss von Fluorammonium auf einem Platindeckel schwach zu glühen und den Rückstand am Platindraht in die Flamme zu bringen. Auf diese Weise findet man, dass fast alle Silicate kalihaltig sind. Lithionsalze stören die Reaction eben so wenig. So genügt es z. B. schon, den Aschenstumpf einer Cigarre in die Flamme vor dem Spalt zu halten, um sogleich die gelbe Linie des Natriums und die beiden rothen des Kaliums und Lithiums, welches letztere Metall in den Tabaksaschen fast niemals fehlt, auf das Deutlichste hervorzu bringen.

Strontium.

Die Spectren der alkalischen Erden stehen denen der Alkalien an Einfachheit bedeutend nach. Das des Strontiums ist besonders durch die Abwesenheit grüner Streifen charakterisiert. Acht Linien darin sind sehr ausgezeichnet, sechs rothe nämlich, eine orange und eine blaue. Die Orange linie $Sr\alpha$, welche dicht neben der Natriumlinie nach Roth hin auftritt, die beiden rothen Linien $Sr\beta$ $Sr\gamma$ und endlich die blaue Linie $Sr\delta$ sind ihrer Lage und Intensität nach die wichtigsten. Um die Empfindlichkeit der Reaction zu

prüfen, erhitzten wir eine wässrige Chlorstrontiumlösung von bekanntem Salzgehalt in einem Platinschälchen rasch über einer grossen Flamme, bis das Wasser verdunstet war und die Schale zu glühen aufging. Hierbei decrepitierte das Salz zu mikroskopischen Partikelchen, die sich in Gestalt eines weissen Rauches in die Atmosphäre erhoben. Eine Wägung des Salzrückstandes in der Schale ergab, dass auf diese Weise 0,077 Grm. Chlorstrontium in Gestalt eines feinen Staubes in die 77000 Grm. wiegende Luft des Zimmers übergegangen war. Nachdem die Luft des Zimmers mittelst eines aufgespannten, rasch in Bewegung gesetzten Regenschirmes gleichmäig durcheinander gemengt war, zeigten sich die charakteristischen Linien des Strontiumspectrums sehr schön ausgebildet. Man kann nach diesem Versuche die noch nachweisbare Chlorstrontiummenge zu $_{\text{To 500}}$ eines Milligramms anschlagen.

Die Chlorverbindung und die übrigen Halogenverbindungen des Strontiums geben die Reaction am deutlichsten. Strontianerdehydrat und kohlensaure Strontianerde zeigen sie viel schwächer; schwefelsaure noch schwächer; die Verbindungen mit feuerbeständigen Säuren am schwächsten, oder gar nicht. Man bringt daher die Probeperle zunächst für sich und dann nach vorgängiger Befeuchtung mit Salzsäure in die Flamme. Hat man Schwefelsäure in der Perle vorzusetzen, so hält man sie vor dem Befeuchten mit Salzsäure einige Augenblicke in den reducirenden Theil der Flamme, um das schwefelsaure Salz in die durch Chlorwasserstoffsaure zersetzbare Schwefelverbindung umzuändern. Zur Erkennung des Strontiums in Verbindungen mit Kiesel säure, Phosphorsäure, Borsäure oder anderen feuerbeständigen Säuren verfährt man am besten auf folgende Weise: Zum Aufschliessen der Probe mit kohlensaurem Natron dient, statt eines Platinriegels, eine conische Spirale von Platin draht. Dieselbe wird in der Flamme weisglühend gemacht und in entwässertes, fein pulverisiertes, lockeres kohlensaures Natron getaucht, welches wo möglich noch so viel Wasser enthält, dass die nötige Menge des Salzes schon bei dem

ersten Eintauchen daran hängen bleibt. In dieser Spirale lässt sich die Schmelzung viel schneller als in einem Platin-tiegel bewerkstelligen, da die zu erhitze Masse des Platins nur gering ist und das zu schmelzende Salz mit der Flamme in unmittelbare Berührung kommt. Hat man die aufzuschliessende fein pulvirisirte Substanz mittelst einer kleinen Platinschaufel in die glühend flüssige Soda eingetragen und einige Minuten im Glühen erhalten, so braucht man die mit ihrer Spitz nach oben gekehrte Spirale nur auf den Rand des Lampentellers aufzuklopfen, um den Inhalt derselben in Gestalt einer grofsen erkaltenden Kugel auf dem Teller zu erhalten. Man bedeckt die Kugel mit einem Blättchen Schreibpapier und zerdrückt dieselbe mittelst einer elastischen Messerklinge, die man auch nach Entfernung des Papiers benutzt, um die Masse weiter noch zum feinsten Pulver zu zerdrücken. Dieses wird an den Rand des etwas abwärts geneigten Tellers zusammengehäuft, vorsichtig mit heissem Wasser übergossen, das man durch sanftes Hin- und Herneigen des Tellers über der aufgehäuften Substanz hin und her fließen lässt, und endlich die über dem Bodensatz stehende Flüssigkeit abdekantirt. Es gelingt leicht, unter abwechselndem Erwärmern des Tellers durch mehrmalige Wiederholung dieser Operation die löslichen Salze auszu ziehen, ohne den Bodensatz aufzurühren und erhebliche Mengen davon zu verlieren. Wendet man statt des Wassers eine Kochsalzlösung an, so gelingt die Operation noch leichter und sicherer. Der Rückstand enthält das Strontium als kohlensaures Salz, von dem schon einige Zehntel Milligramm am Platindraht mit etwas Salzsäure befeuchtet die intensivste Reaction geben. Es wird auf diese Art möglich, ohne Platintiegel, ohne Reibschale, ohne Digerirschale und ohne Trichter und Filter alle erforderlichen Operationen des Aufschliessens, Zerkleinerns, Digerirens und Auswaschens in wenigen Minuten auszuführen.

Die Reaction des Kaliums und Natriums wird durch die Gegenwart des Strontiums nicht gestört. Auch die Lithium-reaction tritt neben den drei erwähnten in voller Deutlichkeit

auf, wenn die Lithiummenge gegen die des Strontiums nicht zu gering ist. Die Lithiumlinie $Li\alpha$ erscheint dann als ein schmaler, intensiv rother, scharf begrenzter Streifen auf dem schwächer rothen Grunde des breiten Strontiumstreifens $Sr\beta$.

Calcium.

Das Calciumspectrum lässt sich schon auf den ersten Blick von den vier bisher betrachteten Spectren daran unterscheiden, dass es in Grün eine höchst charakteristische und intensive Linie, $Ca\beta$, enthält. Als zweites nicht minder charakteristisches Kennzeichen kann die ebenfalls sehr intensive Orangelinie $Ca\alpha$ dienen, welche erheblich weiter nach dem rothen Ende des Spectrums hin liegt als die Natronlinie $Na\alpha$ und die Orangelinie des Strontiums $Sr\alpha$. Durch Abbrennen eines Gemenges von Chlorcalcium, chlor-saurem Kali und Milchzucker erhält man einen Rauch, dessen Reaction ungefähr von gleicher Empfindlichkeit ist mit dem unter denselben Verhältnissen hervorgebrachten Chlorstrontiumrauch. Aus einem auf diese Weise angestellten Versuche ergab sich, dass 100 mg Milligramm Chlorcalcium noch leicht und mit völliger Sicherheit erkannt werden können. Nur die in der Flamme flüchtigen Calciumverbindungen zeigen die Reaction, und zwar mit um so gröfserer Deutlichkeit, je flüchtiger sie sind. Chlorcalcium, Jodcalcium, Bromcalcium stehen in dieser Beziehung oben an. Schwefelsaurer Kalk giebt das Spectrum erst, nachdem er angefangen hat basisch zu werden, dann aber sehr glänzend und lange andauernd. Ebenso entwickelt sich die Reaction des kohlensauren Kalks am deutlichsten, nachdem die Kohlensäure entwichen ist.

Verbindungen des Calciums mit feuerbeständigen Säuren verhalten sich in der Flamme indifferent; werden sie durch Chlorwasserstoffsäure angegriffen, so lässt sich die Reaction einfach auf folgende Weise erhalten: Man bringt einige Milligramme oder selbst nur einige Zehntel Milligramme der fein pulverisierten Substanz an das etwas befeuchtete

plattgeschlagene Platinöhr in den wenig heißen Theil der Flamme, bis das Pulver ohne zu schmelzen angefrittet ist. Läßt man einen Tropfen Salzsäure in das Oehr fallen, so bleibt derselbe zum größten Theil darin hängen. Schiebt man diesen Tropfen vor dem Spalt des Spectralapparates in den heißesten Theil der Flamme, so verdampft er, und zwar in Folge des Leidenfrost'schen Phänomens, ohne ins Kochen zu gerathen. Blickt man, während der Tropfen verdampft, durch das Fernrohr, so erscheint in dem Augenblick, wo die letzten Antheile der Flüssigkeit in Dampf verwandelt werden, ein glänzendes Calciumspectrum, welches bei geringem Kalkgehalt nur einen Moment aufblitzt, bei erheblicheren Kalkmengen aber mehr oder weniger lange anhält.

Nur in Silicaten, welche von Salzsäure angegriffen werden, läßt sich der Kalk auf diese Weise finden; in nicht durch Salzsäure angreifbaren Silicaten gelingt die Nachweisung am besten folgendermaßen: Einige Milligramm der zu prüfenden, auf das Feinste pulverisierten Substanz werden auf einem flachen Tiegeldeckel von Platin mit ungefähr einem Gramm halb zerflossenen Fluorammonium versetzt und der Deckel in die Flamme gehalten, bis er nach Verflüchtigung des Fluorammoniums glüht. Man befeuchtet den auf dem Deckel befindlichen Salzanflug mit 1 bis 2 Tropfen Schwefelsäure, und entfernt den Ueberschuss derselben durch abermaliges Erhitzen über der Flamme. Wird der jetzt aus schwefelsauren Salzen bestehende Anflug auf dem Deckel mit dem Fingernagel oder einem Spatelchen zusammengeschabt und ungefähr ein Milligramm davon mittelst des Drahtes in die Flamme gebracht, so erhält man, wenn *Ka Na* und *Li* vorhanden sind, zunächst die charakteristischen Reactionen dieser drei Körper neben oder nach einander. Ist noch Kalk und Strontian vorhanden, so erscheinen deren Spectren gewöhnlich erst etwas später, nachdem das *Ka Na* und *Li* verflüchtigt ist. Bei sehr geringem Calcium oder Strontiumgehalt bleibt die Reaction dieser Metalle aus; man erhält sie dann aber sogleich, wenn man den im Reductions-

raum der Flamme einige Augenblicke behandelten Draht mit Salzsäure betropft und wieder in die Flamme bringt.

Alle diese Proben, die Erhitzung für sich oder mit Salzsäure, die Behandlung mit Fluorammonium für sich oder mit Schwefelsäure und Salzsäure geben dem Mineralogen und mehr noch dem Geognosten eine Reihe höchst einfacher Kennzeichen an die Hand, um viele in der Natur auftretende Substanzen, und namentlich die einander so ähnlichen aus kalkhaltigen Doppelsilikaten bestehenden Mineralien noch in den kleinsten Splitterchen mit einer Sicherheit zu bestimmen, wie sie sonst kaum bei einem reichlich zu Gebote stehenden Material durch weitläufige und zeitraubende Analysen erreichbar ist. Einige Beispiele werden dies am besten zeigen.

1. Ein Tropfen Meerwasser am Platindraht verflüchtigt zeigt eine starke Natriumreaction, und nach Verflüchtigung des Kochsalzes eine schwache Calciumreaction, die durch Befeuchten des Drahtes mit Salzsäure auf Augenblicke höchst intensiv wird. Behandelt man einige Decigramme Meerwasserrückstand auf die beim Lithium angegebene Weise mit Schwefelsäure und Alkohol, so erhält man leicht die Reaction des Kaliums und Lithiums. Die Gegenwart des Strontiums im Meerwasser kann am besten in den Kesselsteinen der Seedampfschiffe nachgewiesen werden. Die filtrirte salzaure Lösung desselben hinterläßt nach dem Abdampfen und Auflösen in möglichst wenig Alkohol eine von basischem Eisenchlorid gelblich gefärbte Trübung, die sich nach einigen Tagen absetzt und auf einem Filterchen gesammelt und mit Alkohol ausgewaschen werden kann. Das in einem feinen Platindraht verbrannte Filter gibt neben den Calciumlinien ein vollständiges und intensives Strontiumspectrum.

2. Soolwasser zeigen oft schon unmittelbar die Kalium-, Natrium-, Lithium-, Calcium- und Strontiumreaction. Bringt man z. B. einen Tropfen des Dürkheimer oder Kreuznacher Mineralwassers in die Flamme, so erhält man die Linien $Na\alpha$, $Li\alpha$, $Ca\alpha$ und $Ca\beta$. Wendet man statt des Sool-

wassers einen Tropfen seiner Mutterlauge an, so entstehen dieselben Linien mit dem intensivsten Glanze. In dem Maafse als das Chlornatrium und Chlorlithium verdampft und das Chlorcalcium basischer wird, entwickeln sich allmählich die charakteristischen Linien des Strontiumspectrums, welches sich nach und nach immer glänzender in seiner ganzen Vollständigkeit zeigt. Man erhält hier also durch den bloßen Anblick eines einzigen in der Flamme verflüchtigten Tropfens in wenigen Augenblicken die vollständige Analyse eines Gemenges von fünf Stoffen.

3. Der Aschenstumpf einer Cigarre mit etwas HCl befeuchtet und in die Flamme gehalten, giebt die Linien $Na\alpha$, $Ka\alpha$, $Li\alpha$, $Ca\alpha$, $Ca\beta$.

4. Kaliglas von einer Verbrennungsöhre gab sowohl mit als ohne Salzsäure $Na\alpha$ und $Ka\alpha$, mit Fluorammonium und Schwefelsäure behandelt noch $Ca\alpha$, $Ca\beta$ und Spuren von $Li\alpha$.

5. Orthoklas von Baveno giebt für sich oder mit Salzsäure nur $Na\alpha$ nebst Spuren von $Ka\alpha$ und $Li\alpha$; mit Fluorammonium und Schwefelsäure die intensiven Linien $Na\alpha$, $Ka\alpha$ und etwas schwächer $Li\alpha$. Nach Verflüchtigung der so nachgewiesenen Bestandtheile, mit HCl in die Flamme gebracht, giebt die Probe nur ein kaum unterscheidbares Aufblitzen der Linien $Ca\alpha$ und $Ca\beta$. Der nach diesen Prüfungen dem Platindrahte angefrittete Rückstand zeigt, mit salpetersaurem Kobaltoxydul befeuchtet und geglüht, die für Thonerde charakteristische Färbung. Nimmt man noch die bekannte Reaction auf Kieselerde hinzu, so ergiebt sich aus diesen in wenigen Minuten ausführbaren Prüfungen, dass der Orthoklas von Baveno, Kieselerde, Thonerde, Kali mit Spuren von Natron, Kalkerde und Lithion enthält, so wie dass jede Spur von Baryerde und Strontianerde darin fehlt.

6. Adular vom Gotthard verhielt sich ganz ähnlich wie der Orthoklas von Baveno, nur dass die Lithiumreaction völlig, die Calciumreaction fast völlig fehlte.

7. Labradorit von St. Paul giebt für sich nur die Na-

trumlinie $Na\alpha$, nicht aber das Calciumspectrum. Die mit Chlorwasserstoffsäure befeuchtete Probe aber bringt die Calciumlinien $Ca\alpha$ und $Ca\beta$ sehr glänzend hervor. Bei der Probe mit Fluorammonium erhält man noch eine schwache Kaliumreaction und kaum bemerkbare Spuren von Lithium.

8. Labradorit aus dem Kugeldiorit von Corsika verhielt sich ebenso, nur daß die Spuren der Lithiumreaction fehlten.

9. Mosandrit aus Brevig und Tscheffkinit aus dem Ilmengebirge gaben für sich nur die Natriumreaction, bei der Behandlung mit Salzsäure aber die Calciumlinien $Ca\alpha$ und $Ca\beta$

10. Melinophan von Lamoe gab für sich nur $Na\alpha$, mit Salzsäure aber noch $Ca\alpha$, $Ca\beta$ und $Li\alpha$.

11. Scheelit und Sphen geben schon bei Behandlung mit Salzsäure die Calciumreaction sehr intensiv.

12. Finden sich geringe Mengen Strontium neben dem Calcium, so wählt man am zweckmäßigsten die Linie $Sr\delta$ zur Erkennung der ersteren. Mit Hilfe derselben gelingt es leicht, in sehr vielen neptunischen Kalksteinen einen geringen Strontiumgehalt nachzuweisen. $Na\alpha$, $Li\alpha$, $Ka\alpha$, besonders $Li\alpha$, zeigen sich schon unmittelbar bei dem Glühen des Kalksteins in der Flamme. Durch Salzsäure in Chlorcalcium verwandelt und in dieser Form in die Flamme gebracht, geben diese Gesteine dieselben Linien und außerdem häufig noch deutlich genug die Linie $Sr\delta$. Dieselbe erscheint aber nur auf kürzere Zeit, indem sie sich in Folge der Verdampfungsprocesse in der Flamme allmählich entwickelt und kurz vor dem Erblassen des Kalkspectrums am deutlichsten hervorzutreten pflegt.

Auf diesem Wege wurden die Linien $Na\alpha$, $Li\alpha$, $Ka\alpha$, $Ca\alpha$, $Ca\beta$, $Sr\delta$ bei folgenden Kalksteinen gefunden:

Silurkalk¹⁾ von Kugelbad bei Prag,

Wellenkalk (Muschelkalk) von Rohrbach bei Heidelberg,

Liaskalk von Malsch in Baden,

Kreide aus England.

1) Die Lithiumlinie war bei dieser Gebirgsart nicht mit Sicherheit zu erkennen, die Linie $Sr\delta$ dagegen sehr stark.

Folgende Kalksteine zeigten nur die Linien $Na\alpha$, $Li\alpha$, $Ka\alpha$, $Ca\alpha$, $Ca\beta$, ohne die blaue Strontiumlinie.

Marmor von Auerbach aus dem Granit¹⁾,

Devonkalk von Gerolstein in der Eifel,

Kohlenkalk von Planitz in Sachsen,

Zechstein von Nordhausen am Harz,

Jurakalk vom Streitberg in Franken.

Man sieht schon aus diesen wenigen Versuchen, dass umfassendere und sorgfältige spectralanalytische Untersuchungen über den Lithium-, Kalium-, Natrium- und Strontiumgehalt verschiedener Kalkbildungen mit Beziehung auf die Altersfolge und locale Verbreitung derselben von großem geologischen Interesse sind, und vielleicht zu unerwarteten Aufschlüssen über die Natur der früheren Oceane und Meeresbecken, in welchen die Bildung jener Kalkgebirge erfolgte, führen können.

Baryum.

Das Baryumspectrum ist das verwickeltste unter den Spectren der Metalle der Alkalien und alkalischen Erden. Von den bisher betrachteten unterscheidet es sich schon auf den ersten Blick durch die grünen Linien $Ba\alpha$ und $Ba\beta$, welche alle übrigen an Intensität übertreffen und bei schwacher Reaction zuerst erscheinen und zuletzt wieder verschwinden. $Ba\gamma$ ist weniger empfindlich, aber immer noch als charakteristische Linie zu betrachten. Die verhältnismäsig ziemlich grosse Ausdehnung des Spectrums ist Ursache, dass überhaupt die Spectralreaction der Baryumverbindungen etwas weniger empfindlich ist als die der bisher betrachteten Körper. 0,3 Grm. chlorsaurer Baryt mit Milchzucker gaben in unserem Zimmer verbrannt, nachdem die Luft mittelst eines aufgespannten Regenschirms gehörig durchge-

1) Mittelst des oben beschriebenen Verfahrens mit Alkohol wurde aus 20 Grm. dieses Marmors so viel salpetersaurer Strontian erhalten, dass sich damit ein vollständiges intensives Strontiumspectrum hervorbringen ließ. Ob sich auch die übrigen aufgeföhrten Kalksteine, auf diese Art behandelt, als strontiumhaltig erweisen, haben wir nicht untersucht.

mengt war, längere Zeit auf das deutlichste die Linie *Ba* α . Man kann daher aus einer der beim Natrium ausgeführten ähnlichen Rechnung schließen, dass durch die Reaction noch weniger als ungefähr $\frac{1}{1000}$ Milligramm mit volliger Deutlichkeit angezeigt wird.

Chlorbaryum, Brombaryum, Iodbarium, Fluorbaryum, Baryterdehydrat, kohlensaurer und schwefelsaurer Baryt zeigen die Reaction am ausgezeichnetsten, und können daher durch unmittelbares Erhitzen in der Flamme erkannt werden.

Durch Salzsäure angreifbare, Baryerde enthaltende Silicate geben die Reaction, wenn sie, wie beim Kalk angegeben, mit einem Tropfen Salzsäure in die Flamme gebracht werden, ebenfalls. So erzeugt z. B. Barytharmotom, auf diese Weise behandelt, die Linie *Ca* α und *Ca* β neben den Linien *Ba* α und *Ba* β .

Verbindungen der Baryerde mit feuerbeständigen Säuren, die sich mit und ohne Salzsäure in der Flamme indifferent verhalten, schliesst man am besten auf die beim Strontium angegebene Weise mit kohlensaurem Natron auf und prüft den dadurch erhaltenen kohlensauren Baryt. Kommen in solchen Verbindungen *Ca*, *Ba* und *Sr* in sehr ungleichen Mengen gemeinschaftlich vor, so löst man die durch Aufschliessen erhaltenen kohlensauren Salze in einem Tropfen Salpetersäure und zieht aus dem abgedampften Rückstand den Kalk durch Alkohol aus. Der Rückstand enthält dann noch Baryt und Strontium, die sich, wenn sie nicht in allzu ungleicher Menge vorkommen, leicht neben einander erkennen lassen. Handelt es sich darum, die letzten noch wahrnehmbaren Spuren von *Sr* oder *Ba* nachzuweisen, so verwandelt man den Rückstand durch Glühen mit Salmiak in Chlorverbindungen, aus denen sich das Chlorstrontium durch Alkohol in der zur Erkennung hinlänglich concentrirten Form leicht ausziehen lässt. Sind unter den nachzuweisenden Stoffen nicht einzelne in verschwindend kleinen Mengen vorhanden, so werden alle solche vorgängige Scheidungen ganz unnötig, wie folgender Versuch zeigt: Ein Gemenge von Chlornatrium, Chlorkalium, Chlorlithium, Chlorcalcium,

Chlorstrontium und Chlorbaryum, welches von jedem dieser sechs Stoffe höchstens $\frac{1}{10}$ Milligramm enthielt, wurde in die Flamme gebracht und beobachtet. Zuerst erschien die intensiv gelbe Natronlinie $Na\alpha$ auf dem Untergrunde eines schwachen continuirlichen Spectrums. In dem Maase, als dieses zu erblassen begann, entwickelte sich die scharf begrenzte intensiv rothe Linie des Lithiums $Li\alpha$ und jenseits derselben noch weiter von der Natriumlinie entfernt die mattare Kaliumlinie $Ka\alpha$, indess die Baryumlinien $Ba\alpha$ und $Ba\beta$ in ihrer charakteristischen Lage und eigenthümlichen Schattirung auf das Deutlichste hervortraten. Indem sich darauf die Verbindungen des Kaliums, Lithiums und Baryums nach und nach verflüchtigten, erblafsten oder verschwanden ihre Linien wieder allmählich der Reihe nach, bis sich nach einigen Minuten aus den immer weniger überlagerten Linien des Calciums und Strontiums, wie aus einem Nebelbilde, die Linien $Ca\alpha$, $Ca\beta$ und $Sr\alpha$, $Sr\beta$, $Sr\gamma$ und $Sr\delta$ mit aller Schärfe in ihrer charakteristischen Form, Schattirung und Lage hervorhoben, um dann erst nach sehr langer Zeit wieder zu erblassen und gänzlich zu verschwinden.

Die Abwesenheit irgend eines oder mehrer dieser Ge-mengtheile giebt sich bei diesen Beobachtungen augenblicklich durch die Abwesenheit der ihnen zugehörigen Linien zu erkennen.

Für Denjenigen, welcher die einzelnen Spectren aus wiederholter Anschauung kennt, bedarf es einer genauen Messung der einzelnen Linien nicht; ihre Farbe, ihre gegenseitige Lage, ihre eigenthümliche Gestalt und Abschattirung, die Abstufungen ihres Glanzes sind Kennzeichen, welche selbst für den Ungeübten zur sichern Orientirung vollkommen hinreichen. Diese Kennzeichen sind den Unterscheidungsmerkmalen zu vergleichen, welche wir bei den als Reactionsmittel benutzten, ihrem äusseren Ansehen nach höchst verschiedenartigen Niederschlägen antreffen. Wie es als Charakter einer Fällung gilt, daß sie gelatinös, pulviförmig, käsig, körnig oder krystallinisch ist, so zeigen

auch die Spectrallinien ihr eigenthümliches Verhalten, indem die einen an ihren Rändern scharf begrenzt, die andern entweder nur nach einer oder nach beiden Seiten entweder gleichartig oder ungleichartig verwaschen, oder indem die einen breiter, die anderen schmäler erscheinen. Und wie wir nur diejenigen Niederschläge, welche bei möglichst grosser Verdünnung der zu fällenden Substanz noch zum Vorschein kommen, als Erkennungsmittel verwenden, so benutzt man auch in der Spectralanalyse zu diesem Zwecke nur diejenigen Linien, welche zu ihrer Erzeugung die geringste Menge Substanz und eine nicht allzu hohe Temperatur erfordern. In Beziehung auf solche Kennzeichen stehen sich daher beide Methoden ziemlich gleich. Dagegen gewährt die Spectralanalyse rücksichtlich der als Reactionsmittel benutzten Farbenerscheinungen eine Eigenthümlichkeit, die ihr unbedingt einen Vorzug vor jeder andern analytischen Methode sichern muss. Unter den Niederschlägen, die zur Erkennung von Stoffen bestimmt sind, erscheinen die meisten weiss und nur einige gefärbt. Dabei ist die Färbung der letzteren nur wenig constant und variiert in den verschiedensten Abstufungen je nach der dichteren oder mehr zertheilten Form der Fällung. Oft reicht schon die kleinste Beimengung eines fremden Stoffes hin, eine charakteristische Färbung bis zur Unkenntlichkeit zu verwischen. Feinere Farbenunterschiede der Niederschläge kommen daher als chemische Kennzeichen gar nicht mehr in Frage. Bei der Spectralanalyse dagegen erscheinen die farbigen Streifen unberührt von solchen fremden Einflüssen und unverändert durch die Dazwischenkunft anderer Stoffe. Die Stellen, welche sie im Spectrum einnehmen, bedingen eine chemische Eigenschaft, die so unwandelbarer und fundamentaler Natur ist, wie das Atomgewicht der Stoffe, und lassen sich daher mit einer fast astronomischen Genauigkeit bestimmen. Was aber der spectralanalytischen Methode eine ganz besondere Bedeutung verleiht, ist der Umstand, dass sie die Schranken, bis zu welchen bisher die chemischen Kennzeichen der Materie reichten, fast ins Unbegrenzte hinausrückt. Sie ver-

spricht uns über die Verbreitung und Anordnung der Stoffe in den geologischen Formationen die werthvollsten Aufschlüsse. Schon die wenigen Versuche, welche diese Abhandlung enthält, führen zu dem unerwarteten Aufschlusse, dass nicht nur Kalium und Natrium, sondern auch Lithium und Strontium zu den zwar nur in geringer Menge, aber allgemein verbreiteten Stoffen unseres Erdkörpers gezählt werden müssen.

Für die Entdeckung bisher noch nicht aufgefunder Elemente dürfte die Spectralanalyse eine nicht minder wichtige Bedeutung gewinnen. Denn wenn es Stoffe giebt, die so sparsam in der Natur verbreitet sind, dass uns die bisherigen Mittel der Analyse bei ihrer Erkennung und Abscheidung im Stiche lassen, so wird man hoffen dürfen, viele solcher Stoffe durch die einfache Betrachtung ihrer Flammenspectren noch in Mengen zu erkennen und zu bestimmen, die sich auf gewöhnlichem Wege jeder chemischen Wahrnehmung entziehen. Dass es wirklich solche bisher unbekannte Elemente giebt, davon haben wir uns bereits zu überzeugen Gelegenheit gehabt. Wir glauben, auf unzweifelhafte Resultate der spectralanalytischen Methode gestützt, mit völliger Sicherheit schon jetzt die Behauptung aufstellen zu können, dass es neben dem Kalium, Natrium und Lithium noch ein vierthes der Alkaliengruppe angehöriges Metall giebt, welches ein eben so charakteristisches und einfaches Spectrum giebt wie das Lithium — ein Metall, das mit unserem Spectralapparate nur zwei Linien zeigt, eine schwache blaue, die mit der Strontiumlinie $Sr\delta$ fast zusammenfällt, und eine andere blaue, die nur um Weniges weiter nach dem violetten Ende des Spectrums hin liegt und an Intensität und Schärfe der Begrenzung mit der Lithiumlinie wetteifert.

Bietet einerseits die Spectralanalyse, wie wir im Vorstehenden gezeigt zu haben glauben, ein Mittel von bewunderungswürdiger Einfachheit dar, die kleinsten Spuren gewisser Elemente in irdischen Körpern zu entdecken, so eröffnet sie andererseits der chemischen Forschung ein bisher

völlig verschlossenes Gebiet, das weit über die Grenzen der Erde, ja selbst unseres Sonnensystems, hinausreicht. Da es bei der in Rede stehenden analytischen Methode ausreicht, das glühende Gas, um dessen Analyse es sich handelt, zu *sehen*, so liegt der Gedanke nahe, dass dieselbe auch anwendbar sei auf die Atmosphäre der Sonne und die helleren Fixsterne. Sie bedarf aber hier einer Modification wegen des Lichtes, welches die Kerne dieser Weltkörper ausstrahlen. In seiner Abhandlung »über das Verhältnis zwischen dem Emissionsvermögen und dem Absorptionsvermögen der Körper für Wärme und Licht«¹⁾ hat Einer von uns durch theoretische Betrachtungen nachgewiesen, dass das Spectrum eines glühenden Gases *umgekehrt* wird, d. h. dass die hellen Linien in dunkle sich verwandeln, wenn hinter dasselbe eine Lichtquelle von hinreichender Intensität gebracht wird, die an sich ein continuirliches Spectrum giebt. Es lässt sich hieraus schliessen, dass das Sonnenspectrum mit seinen dunklen Linien nichts Anderes ist, als die Umkehrung des Spectrums, welches die Atmosphäre der Sonne für sich zeigen würde. Hiernach erfordert die chemische Analyse der Sonnenatmosphäre nur die Aufsuchung derjenigen Stoffe, die, in eine Flamme gebracht, helle Linien hervortreten lassen, die mit den dunklen Linien des Sonnenspectrums coincidiren.

An dem angeführten Orte sind als experimentelle Belege für den erwähnten theoretisch abgeleiteten Satz die folgenden Versuche angeführt:

Die helle rothe Linie im Spectrum einer Gasflamme, in die eine Perle von Chlorlithium gebracht ist, verwandelt sich in eine schwarze, wenn man volles Sonnenlicht durch die Flamme gehen lässt.

Ersetzt man die Perle von Chlorlithium durch eine von Chlornatrium, so zeigt sich im Sonnenspectrum die dunkle Doppellinie *D* (die mit der hellen Natriumlinie coincidirt) in ungewöhnlicher Deutlichkeit.

In dem Spectrum des Drumond'schen Lichtes tritt die

1) Kirchhoff, Pogg. Ann., Bd. CIX, S. 275.

dunkle Doppellinie *D* auf, wenn man seine Strahlen durch die Flamme von wässrigem Alkohol gehen läßt, in den man Chlornatrium gebracht hat¹⁾.

Es schien uns nicht ohne Interesse, noch mehr Bestätigungen jenes merkwürdigen theoretischen Satzes zu erhalten. Es ist uns dies durch die Versuche, die nun beschrieben werden sollen, gelungen.

Wir machten einen dicken Platindraht in einer Flamme glühend und brachten ihn durch einen elektrischen Strom seinem Schmelzpunkte nahe. Der Draht gab ein glänzendes Spectrum ohne jede Spur von hellen oder dunklen Linien. Wurde zwischen den Draht und den Spalt des Apparates eine Flamme von sehr wässrigem Alkohol gebracht, in dem Kochsalz aufgelöst war, so zeigte sich die dunkle Linie *D* in großer Deutlichkeit.

In dem Spectrum eines Platindrahtes, der allein durch eine Flamme glühend gemacht ist, kann man die dunkle Linie *D* hervorrufen, wenn man vor ihn ein Reagenzglas hält, auf dessen Boden man etwas Natriumamalgam gebracht hat, und dieses bis zum Kochen erhitzt. Dieser Versuch ist deshalb wichtig, weil er zeigt, daß weit unter der Glühhitze der Natriumdampf genau an derselben Stelle des Spectrums seine absorbirende Wirkung ausübt, wie bei den höchsten Temperaturen, welche wir hervorzubringen vermögen, und bei denjenigen, die in der Sonnenatmosphäre stattfinden.

1) In der Märznummer des *Phil. Mag.* für 1860 erinnert Stokes daran, daß Foucault schon im Jahre 1849 eine Beobachtung gemacht hat, die der oben erwähnten ähnlich ist. Bei der Untersuchung des elektrischen Bogens zwischen Kohlenspitzen bemerkte dieser (*l'Institut* 1849 p. 45), daß in dem Spectrum desselben helle Linien am Orte der Doppellinie *D* des Sonnenspectrums vorhanden sind, und daß der Bogen die dunkle Linie *D* verstärkt oder erzeugt, wenn man durch ihn die Strahlen der Sonne oder einer der glühenden Kohlenspitzen gehen läßt und dann zu einem Spectrum auseinander legt. Die im Texte erwähnte Beobachtung gibt die Erklärung dieser interessanten, schon vor 11 Jahren von Foucault bemerkten Erscheinung und zeigt, daß dieselbe nicht bedingt ist durch die Eigenschaften des in vieler Hinsicht noch so rätselhaften elektrischen Lichtes, sondern herrührt von einer Natriumverbindung, die in der Kohle enthalten war und durch den Strom in glühendes Gas verwandelt wurde.

Die helleren Linien der Spectren von *Ka*, *Sr*, *Ca*, *Ba* umzukehren, ist uns gelungen bei Anwendung von Sonnenlicht und von Mischungen der chlorsauren Salze dieser Metalle mit Milchzucker. Vor dem Spalte des Apparates war eine kleine eiserne Rinne aufgestellt; in diese wurde die Mischung gebracht, volles Sonnenlicht längs der Rinne auf den Spalt geleitet und die Mischung durch einen glühenden Draht seitlich entzündet. Das Beobachtungsfernrohr war mit dem Schnittpunkt seiner schräg gestellten Fäden auf die helle Linie des Flammenspectrums, deren Umkehrbarkeit geprüft werden sollte, eingestellt; der Beobachter concentrirte seine Aufmerksamkeit darauf, zu beurtheilen, ob im Augenblicke der Verpuffung eine dunkle durch den Schnittpunkt des Fadenkreuzes gehende Linie sich zeigte. Auf diese Weise war es bei richtiger Mischung der abbrennenden Gemenge sehr leicht, die Umkehrbarkeit der Linien *Ba* α und *Ba* β und der Linie *Ka* β zu constatiren. Die letzte von diesen fällt mit einer der deutlichsten, aber von Fraunhofer nicht bezeichneten, dunkeln Linie des Sonnenspectrums zusammen; diese Linie erscheint im Augenblicke der Verpuffung des Kalisalzes sehr viel deutlicher als sonst. Um auf die beschriebene Weise die Umkehrung der hellen Linien des Strontiumspectrums zu sehen, muß der chlorsaure Strontian auf das Sorgfältigste getrocknet seyn; eine Spur Feuchtigkeit bewirkt, daß bei der Verpuffung herumspritzende Salztheilchen die Flamme erfüllen, die Sonnenstrahlen dämpfen und das positive Strontiumspectrum zum Vorschein kommen lassen.

Wir haben uns in dieser Abhandlung darauf beschränkt, die Spectren der Metalle der Alkalien und alkalischen Erden und diese auch nur in so weit zu untersuchen, als es für die Analyse irdischer Stoffe nöthig ist. Wir behalten uns vor, diesen Untersuchungen die weitere Ausdehnung zu geben, die wünschenswerth ist in Beziehung auf die Analyse irdischer Körper und auf die Analyse der Atmosphären der Gestirne.

Heidelberg, im April 1860.

II. Ueber die elektrische Leistungsfähigkeit der Legirungen; von Dr. A. Matthiesen.

Die Methode, welche zu den nachfolgenden Bestimmungen der Leistungsfähigkeit angewandt wurde, ist näher beschrieben in diesen Annalen Bd. 100, S. 188. Es wurden dabei folgende Vorsichtsmafsregeln beobachtet:

- 1) Beinahe alle Drähte lagen in Steinöl, dessen Temperatur ') beobachtet wurde.
- 2) Sie wurden alle an zwei dicke Kupferdrähte gelötet, deren Widerstände bekannt und in Rechnung gebracht waren.
- 3) Von jeder Legirung wurden zwei besondere Drähte, gewöhnlich mit verschiedenem Durchmesser geprefst oder gezogen, und zwei Bestimmungen wurden mit Drähten gemacht, die vom ersten abgeschnitten waren, während zur dritten Bestimmung ein Stück des andern Drahtes genommen wurde. (Es war nämlich die Möglichkeit vorhanden, dass die geprefsten Drähte Legirungen von verschiedener Zusammensetzung enthalten könnten, da z. B. beim Pressen von Amalgamen zuerst fast reines Quecksilber aus der feinen Oeffnung herauskommt).
- 4) Da die meisten Wismuthlegirungen beim Erkalten der geschmolzenen Metallmasse eine an Wismuth reichere Legirung aus der erstarrten Oberfläche heraustreten lassen, so wurden dieselben in kleine Stücke gegossen und ein solches zum Pressen verwandt.
- 5) Von den an Wismuth reichen Legirungen wurden sehr dünne Drähte, etwa von $0,2\text{mm}$ Durchmesser, geprefst, um übereinstimmende Resultate zu erhalten. (Diese Annalen, Bd. 103, S. 432.)
- 6) Der Durchmesser der Drähte wurde, nach der Bestimmung ihres Widerstandes, an jedem Ende und gewöhn-
- 1) Alle angegebenen Temperaturen sind in Centigraden.

lich auch in der Mitte bestimmt; die betreffenden Stücke waren so gebogen, dass sie im rechten Winkel gemessen werden konnten. Die spröden Drähte wurden in kurze Stücke gebrochen und eine gröfsere Anzahl derselben gemessen, das Mittel der gefundenen Werthe wurde als richtig angenommen.

- 7) Es wurden Normaldrähte von verschiedener Länge benutzt, um je nach der Grösse des Widerstandes Resultate von gleicher Genauigkeit zu erhalten.

Eine gröfsere Uebereinstimmung der Resultate als die, welche erreicht wurde, konnte nicht erwartet werden, in Anbetracht der Schwierigkeit, vollkommen runde Drähte und von einer absolut homogenen Zusammensetzung zu pressen oder zu ziehen. Bestimmungen mit geprefsten und gezogenen Bleidrähten gaben genau dieselben Werthe. Geprefst wurden alle die Legirungen, von denen die spec. Gewichte bestimmt waren; nur die Gold-Silber, Gold-Kupfer und Silber-Kupfer, sowie die letzte Wismuth-Silber und die letzten zwei Silber-Blei, Silber-Zinn und Gold-Zinn Legirungen wurden gezogen. Die Methode, nach welcher diese dargestellt waren, wird in der Abhandlung »über die Leitfähigkeit des Kupfers etc.¹⁾« von Dr. M. Holzmann und mir näher beschrieben werden. Die Menge des Goldes und Silbers wurde in diesen letzteren Legirungen analytisch bestimmt. Alle gezogenen Drähte waren hartgezogen, und die Bestimmungen sind sämmtlich verglichen mit einem hart gezogenen reinen Silberdraht, dessen Leitfähigkeit bei 0° C. = 100 gesetzt ist.

Die Metalle können, hinsichtlich ihres Verhaltens als Legirungen, in zwei Klassen getheilt werden, nämlich:

Klasse A: diejenigen Metalle, welche, wenn mit einander legirt, die Elektricität in dem Verhältniss ihrer relativen Volumina leiten;

Klasse B: diejenigen Metalle, welche, wenn legirt, mit einem Metall der Klasse A, oder mit einander, die Elektricität *nicht* in dem Verhältniss ihrer Volumina leiten, sondern *stets schlechter*.

1) Siehe die nächst folgende Abhandlung.

Zu Klasse A gehören Blei, Zinn, Cadmium und Zink.

Zu Klasse B müssen Wismuth, Quecksilber, Antimon, Platin, Palladium, Eisen, Aluminium, Natrium, Gold, Kupfer, Silber und sehr wahrscheinlich die meisten der übrigen Metalle gerechnet werden.

Ich werde nun einige Worte sagen:

1. über die Leitfähigkeit der angewandten Metalle,
2. über die Leitfähigkeit der Legirungen, gebildet aus den Metallen der Klasse A mit einander,
3. über diejenige der Legirungen, bestehend aus Metallen der Klasse A und Klasse B,
4. über die der Legirungen, zusammengesetzt aus Metallen der Klasse B, und
5. allgemeine Schlussfolgerungen machen.

1. Ueber die Leitfähigkeit der Metalle.

Die Leitfähigkeit aller angewandten Metalle wurde bestimmt, die gefundenen Werthe waren die nämlichen als die, welche ich in meiner Abhandlung »über die elektrische Leitfähigkeit der Metalle« (diese Annalen Bd. 103, S. 428) angegeben habe. Ausgenommen sind nur das Gold (Siehe Anhang zu dieser Abhandlung, S. 205 u. ff.) und das Kupfer (»über die elektrische Leitfähigkeit des Kupfers etc.«). Die Werthe sind angeführt in Tabelle I.

2. Ueber die Leitfähigkeit der Legirungen, gebildet aus Metallen der Klasse A.

In Tabelle II sind die drei Bestimmungen und das Mittel derselben mit den beobachteten Temperaturen angegeben, sowie ihre Leitfähigkeiten berechnet in der Voraussetzung, dass die Leitfähigkeiten der angewandten Metalle Anteil nehmen an der der Legirung in dem Verhältnis ihrer relativen Volumina ¹⁾, Äquivalente ²⁾, Gewichte ³⁾.

$$1) \quad P = \frac{vc + v_1 c_1}{v + v_1}, \quad 2) \quad P = \frac{nc + n_1 c_1}{n + n_1}, \quad 3) \quad P = \frac{wc + w_1 c_1}{w + w_1},$$

wenn P die Leitfähigkeit der Legirung, v und v₁ die Atom-Volu-

Aus Gründen, die ich in meiner Abhandlung über die spec. Gewichte der Legirungen angegeben habe, sind die beiden letzten Arten der Berechnung für diese Gruppe von Legirungen mit ausgeführt.

Obgleich die gefundenen Zahlen bei einigen Legirungen von Cadmium-Zink und Blei-Cadmium nicht genau mit der berechneten Leistungsfähigkeit übereinstimmen, so ist doch aus Fig. 1 Taf. VII¹⁾) ersichtlich, dass die Linien nicht viel von geraden Linien abweichen; und wir werden weiter unten finden, dass sie keiner der andern Gruppen angereiht werden können.

3. Ueber die Leistungsfähigkeit von Legirungen, bestehend aus Metallen der Klassen A und B.

Die gefundenen Werthe für die Legirungen dieser Gruppe sind enthalten in Tab. III S. 209, mit der nach dem Volumen berechneten Leistungsfähigkeit. Hier finden wir merkwürdige Resultate, nämlich dass manche Legirungen schlechter leiten, als irgend eins der Metalle, aus welchen sie zusammengesetzt sind. Betrachten wir ferner Fig. 2 u. 3 Taf. VII, in welchen die Curven für die Leistungsfähigkeit der Legirungen aus dieser Gruppe gezeichnet sind, so ist es auffällig, wie schnell die Leistungsfähigkeit auf der einen Seite der Curve mit geringem Prozentgehalt des Metalls aus Klasse A abnimmt, während wir beim Hinübergehen zur andern Seite finden, wie wenig die Leistungsfähigkeit des Metalls aus Klasse A durch einen bedeutenden Prozentgehalt an Metall der Klasse B affisirt wird. Auf diese Thatsache werde ich bei den allgemeinen Schlussfolgerungen zurückkommen.

Die Legirungen von Blei und Zinn mit grossen Mengen von Antimon konnten nicht zu Draht geprefst werden wegen ihrer außerordentlichen Sprödigkeit und Härte. Die Legi-

mina der angewandten Metalle, n und n_1 die Anzahl der Aequivalente der einzelnen Metalle, w und w_1 ihre resp. Gewichte, und c und c_1 die Leistungsfähigkeiten der beiden Metalle bedeuten.

- 1) Die Punkte auf den Linien zeigen den Prozentgehalt und die gefundene Leistungsfähigkeit der untersuchten Legirungen an.

rungen von Blei mit überwiegendem Goldgehalt waren so überaus hart, spröde und schwer schmelzbar, daß sie nicht geprefst werden konnten; selbst Gold, legirt mit 0,25 Proc. Blei, waren wir nicht im Stande zu ziehen, es erschien völlig mürbe und bröcklig. Die meisten der angeführten Gold-Blei-Legirungen waren um Vieles spröder als Glas; bei einigen derselben war in der That mehr als eine Stunde nötig, um einen Draht von 300^{mm} Länge zu pressen. Dasselbe mußt von den Gold-Zinn-Legirungen gesagt werden, welche, obgleich schmelzbar genug, um geprefst werden zu können, doch wegen ihrer Zerbrechlichkeit eben so lange Zeit erforderten. Silber mit Blei oder Zinn konnte auch nur bis zu gewissen Gränzen geprefst oder gezogen werden, und es ist daher der Theil der Curve, wo keine Drähte zu erhalten waren, durch punktierte Linien angedeutet. Fast zu allen Goldlegirungen, namentlich zu den an Gold reicherden, wurde Gold verwendet, welches durch Algarothpulver niedergeschlagen war (s. Anhang). In Tab. V S. 221 sind einige Versuche mit Legirungen angeführt, die aus einigen käuflichen Metallen mit Blei, Zinn oder Zink bereitet waren. Aus dem Mittel der bei zwei Bestimmungen gefundenen Werthe geht hervor, daß die betreffenden Metalle sämtlich zur Klasse B gehören, da die Leistungsfähigkeit bedeutend niedriger ist, als die Rechnung verlangt.

4. Ueber die Leistungsfähigkeit von Legirungen zusammengesetzt aus Metallen der Klasse B.

Die für diese Gruppe gefundenen Zahlen finden sich in Tab. IV S. 216, die Curven derselben in Fig. 8 Taf. VI. Von den Wismuth-Gold-Legirungen konnten nur sehr wenige bestimmt werden, da wir der grofsen Sprödigkeit halber nicht einmal Gold mit 0,25 Proc. Wismuth zu Draht zu ziehen vermochten. Bei Wismuth-Silber erhielten wir bessere Resultate. Wismuth-Antimon-Legirungen wurden zwar bestimmt, da aber keine übereinstimmenden Resultate zu erzielen waren, so sind die Zahlen nicht angeführt; die Curve schien jedoch den Habitus dieser Gruppe zu besitzen. Bei näherer Be-

trachtung der Gold-Silber-Reihe finden wir, dass von Au Ag nach beiden Seiten mit Zunahme der Aequivalente ein beinahe gleichmässiges Aufsteigen in der Leitfähigkeit stattfindet, nämlich:

Au Ag leitet 14,59,

Au_2Ag und AuAg_2 leiten respective 16,20 und 16,30,

Au_4Ag und AuAg_4 leiten respective 20,91 und 20,94,

Au_6Ag und AuAg_6 leiten respective 24,99 und 25,29.

Von diesen Punkten an wird die Differenz grösser, je mehr wir uns den reinen Metallen nähern. Da nun das Atomvolum des Goldes $= \frac{197}{19,265} = 10,226$, das Atomvolumen des Silbers $= \frac{108}{10,468} = 10,317$, so können wir die Legirung Au Ag aus einem Volume Gold plus einem Volume Silber zusammengesetzt ansehen, und wir mögen innerhalb der obigen Gränzen zu der Legirung Au Ag gleiche Volumtheile von Gold oder Silber hinzufügen: wir erhalten dieselbe Leitfähigkeit. Es geht also daraus hervor, dass Gold und Silber, wenn sie in diesen Gränzen mit einander legirt werden, eine gleiche Leitfähigkeit besitzen. Dieselben Betrachtungen lassen sich mit einigen Gold-Kupfer- und Silber-Kupfer-Legirungen anstellen. Die Curven dieser Gruppe zeigen an beiden Seiten ein schnelles Hinuntergehen, das ich bald näher besprechen werde.

5. Allgemeine Schlussfolgerungen.

Vor Allem wirft sich uns die Frage auf: was sind Legirungen? Sind sie chemische Verbindungen, oder eine Lösung des einen Metalls im andern, oder sind sie mechanische Gemenge? Dann entsteht die Frage: was ist die Ursache der reissend schnellen Abnahme in der Leitfähigkeit.

Die erste dieser Fragen können wir, glaube ich, damit beantworten, dass die meisten Legirungen lediglich Lösungen eines Metalls im andern sind; dass wir nur in wenigen Fällen chemische Verbindungen annehmen dürfen, wie z. B. bei einigen der Gold-Zinn- und Gold-Blei-Legirungen;

und dass wir als mechanische Gemenge einige der Silber-Kupfer- und Wismuth-Zink-Legirungen betrachten können. Die Gründe für diese Annahme sind:

1) Dass, wenn wir nur mit chemischen Verbindungen zu thun hätten, wir nicht für die Leitungsfähigkeit der Legirungen die Regelmässigkeit in den Curven finden würden, welche ohne Zweifel existirt. Denn bei Betrachtung der zu den verschiedenen Gruppen gehörigen Curven sehen wir auf den ersten Blick, dass jede Gruppe von Legirungen eine Curve von besonderer, deutlich ausgeprägter Form besitzt. So haben wir für die erste eine nahezu gerade Linie. Bei der zweiten zeigt sich ein außerordentlich schnelles Hinabgehen an der Seite des Metalls aus Klasse B, und dann umwendend, geht die Curve in fast gerader Linie zu dem Metall der Klasse A hinüber. Für die dritte Gruppe finden wir das schnelle Hinabfallen an beiden Seiten der Curve, und die Drehungspunkte sind durch eine annähernd gerade Linie vereinigt.

Prüfen wir nun den Theil der Curven genauer, in dem die schnelle Abnahme vor sich geht, so finden wir, dass bei Legirungen von Blei oder Zinn im Allgemeinen noch einmal so viel vom erstern als vom letztern erforderlich ist, um ein Metall der Klasse B auf eine gewisse Leitungsfähigkeit hinabzudrücken; z. B. um die Leitungsfähigkeit des Silbers auf 67 zu reduciren, würden 0,9 Vol. Proc. Blei oder etwa 0,5 Vol. Proc. Zinn nöthig seyn, — um sie auf 47,6 zu bringen, werden 1,4 Vol. Proc. Blei oder 0,7 Proc. Zinn verlangt¹⁾. Ferner, um Wismuth auf die Leitungsfähigkeit von 0,261 zu reduciren, sind 1,4 Vol. Proc. Blei, oder 0,62 Zinn erforderlich, und um es auf den niedrigsten Punkt in der Curve zu bringen, der bei Legirung mit Blei 0,255, bei der Zinn-Legirung 0,254 entspricht, müssen 1,76 Vol. Proc. Blei oder 0,85 Vol. Proc. Zinn hinzugefügt werden.

2) Wir können nicht annehmen, dass wir an den Drehungspunkten der Curven chemische Verbindungen vor uns haben; denn es ist durchaus nicht wahrscheinlich, dass es solche geben könnte, die nur 0,6 Proc. Zinn auf 99,4 Proc.

1) Diese Zahlen sind von den Curven abgelesen.

Wism
2,6 Pr
3)
berech
Ue
rungen
seyn z
thun h
ber-C
Silber
so be
gesagt
lich s
gung
keit e
men v
verbir
so er
Gold
die S
Weis
erhalt
Wisu
leiten
ter ab
werde
In
gen,
eines
setzt
bigen
Klass
in de
war,
gefun
D
gen

Wismuth, oder 2 Proc. Blei auf 98 Proc. Wismuth, oder 2,6 Proc. Zinn auf 97,4 Proc. Silber etc. etc. enthalten.

3) Dafs die Legirungen an diesen Wendepunkten ihr berechnetes specifisches Gewicht besitzen.

Ueberblicken wir auf Taf. VI Fig. 8 die Curven der Legirungen aus der dritten Gruppe, so könnten wir eher geneigt seyn zu glauben, dafs wir es mit chemischen Verbindungen zu thun hätten. Aber wenn wir in Betracht ziehen (die Gold-Silber-Curve als Typus genommen), dafs die Leitungsfähigkeit des Silbers durch einen geringen Prozentgehalt eines andern Metalls so bedeutend erniedrigt wird, dafs dasselbe auch vom Gold gesagt werden muß, und wenn wir diese Abnahme als wirklich stattgefunden voraussetzen: so finden wir bei Vereinigung der Drehungspunkte, bis zu denen die Leitungsfähigkeit erniedrigt ist, fast genau die Gold-Silber-Curve. Nehmen wir z. B. die Gold-Zinn- und Silber-Zinn-Curven und verbinden durch eine Linie die Drehungspunkte derselben, so erhalten wir dadurch eine Curve, die derjenigen der Gold-Silber-Reihe sehr ähnlich ist. Betrachten wir weiter die Silber-Wismuth-Curve und vergleichen sie in gleicher Weise mit der Zinn-Silber- und Zinn-Wismuth-Curve, so erhalten wir ebenfalls das gleiche Resultat. Die Gold-Wismuth- und Silber-Wismuth-Curven sind fast gleich; nur leiten die Legirungen von Gold und Wismuth etwas schlechter als die von Wismuth und Silber, wie auch erwartet werden konnte, weil Silber ein besserer Leiter als Gold ist.

In Folge dieser Aehnlichkeit der Curven von Legirungen, in denen wir annehmen können, dafs sie Lösungen eines Metalls im andern sind, werden wir in den Stand gesetzt annähernd die Curve von Legirungen aus zwei beliebigen Metallen zu ziehen, sobald wir nur wissen, zu welcher Klasse die Metalle gehören. Auf diese Weise haben wir in der That, ehe eine einzige Kupfer-Gold-Legirung bestimmt war, beinahe genau die Curve gezeichnet, welche nachher gefunden wurde.

Dafs einige Legirungen wirklich chemische Verbindungen sind, können wir aus folgenden Thatsachen schließen:

1) Im Allgemeinen finden wir, dass dann an den Drehungspunkten der Curve die Legirung sich ausdehnt oder zusammenzieht.

2) Wir haben dann keine regelmässige Form der Curve (siehe Gold-Zinn, Gold-Blei und Silber-Kupfer), so dass wir nicht im Stande sind, dieselbe a priori annähernd zu ziehen.

3) Die Legirungen halten an diesen Punkten grössere Mengen eines jeden Metalls.

4) Das äussere Ansehen (krystallinische Form etc.) dieser Legirungen an den Drehungspunkten ist auffällig verschieden. Betrachten wir hiernach z. B. die Gold-Zinn-Curve, die einzige beinahe vollständige dieser Gruppe, und gehen wir von der Zinn-Seite aus, so finden wir ein allmähliches Sinken der Leistungsfähigkeit bis zur Legirung Sn_5Au , von da ein langsames Aufsteigen bis zu Sn_2Au , und von diesem Punkte bis zu SnAu , wiederum eine allmähliche Abnahme. Aus den oben angeführten Gründen konnten keine Legirungen bestimmt werden zwischen SnAu_2 und der, welche 2,7 Proc. Zinn enthält. Von dieser letztern Legirung haben wir eine gerade Linie bis zum reinen Gold schnell aufsteigend. Gehen wir noch einmal von der Zinn-Seite der Curve aus, so mögen wir die Legirungen bis zu Sn_5Au betrachten als eine Lösung einer chemischen Verbindung in reinem Metall, — von Sn_5Au bis Sn_2Au , und von hier bis SnAu_2 , als Lösungen je zweier chemischen Verbindungen in einander, weil alle diese Punkte durch gerade Linien mit einander verbunden sind, — in dem nicht bestimmten Theile von SnAu_2 bis zur Legirung mit 2,7 Proc. Zinn als Lösung einer chemischen Verbindung in irgend einer beliebigen Legirung, und von diesem letzteren Punkte bis zum reinen Gold als eine Lösung einer geringen Menge von Zinn in überschüssigem Gold.

Hinsichtlich ihres spec. Gewichts finden wir, dass, während Sn_5Au nahezu das berechnete spec. Gewicht besitzt, Sn_2Au eine grössere Ausdehnung und SnAu_2 eine stärkere Zusammenziehung zeigt, als irgend eine andere der untersuchten Gold-Zinn-Legirungen. Ferner enthalten nun

$\text{Sn}_3 \text{ Au}$ 60 Proc., $\text{Sn}_2 \text{ Au}$ 37 Proc. und $\text{Sn} \text{ Au}_2$ 13 Proc. Zinn; es wäre dies also kein Hindernis, sie als chemische Verbindungen zu betrachten. In Bezug auf ihr äusseres Ansehen finden wir, dass $\text{Sn} \text{ Au}_2$ und $\text{Sn}_2 \text{ Au}$ nicht krystallinisch sind und einen körnigen oder glasigen Bruch zeigen, wogegen $\text{Sn}_3 \text{ Au}$ so überaus krystallinisch ist, dass beim Zerschlagen der Legirung mit dem Hammer vollständig ausgebildete Spaltungsflächen der Krystalle hervortreten. Hier nach, glaube ich, kann kein Zweifel obwalten, dass die Unregelmässigkeit der Gold-Zinn-Curve durch chemische Verbindungen hervorgerufen ist, ebenso die der Gold-Bleicurve. Dass einige Legirungen mechanische Gemenge sind, wissen wir aus den Versuchen anderer Beobachter; so erhält man z. B. nach dem Zusammenschmelzen von 17,73 Theilen Wismuth mit 16,12 Theilen Zink zwei Schichten; die obere aus 13,40 Theilen Zink bestehend, die untere Wismuth, mit geringen Mengen von Zink enthaltend. (Fournet, *Ann. de chim. et phys.* T. 54. p. 247). Hätten wir aber die Metalle wohl zusammengemischt und schnell abgekühlt, so würden wir eine Legirung erhalten haben, die als mechanisches Gemenge hätte betrachtet werden müssen. Ferner, wenn man nach Levol (*Journ. de Pharm.* T. 17. p. 111) Silber und Kupfer zusammenschmilzt und die Masse ruhig in geschmolzenem Zustande erhält, so findet man bei der Analyse von verschiedenen Theilen der Legirung verschiedene procentische Zusammensetzung. Levol fand dies bei allen Legirungen, ausgenommen bei der, welche 28,11 Proc. Kupfer enthält (entsprechend $\text{Ag}_3 \text{ Cu}_4$) und er betrachtet alle Silber-Kupfer-Legirungen als Gemenge von $\text{Ag}_3 \text{ Cu}_4$ mit Silber oder Kupfer. Wenn dies der Fall wäre, so würden wir in der Curve von jenem Punkte aus nach den reinen Metallen hin gerade Linien haben; indessen bei Betrachtung derselben finden wir (ausgehend von der Kupfer-Seite), dass zuerst ein schnelles Hinabgehen Statt hat, verursacht durch die Verunreinigung des Kupfers mit einer geringen Menge von Silber; dann haben wir von der Legirung mit 90 Vol. Proc. Kupfer bis zu der mit 35 Vol. Proc. eine gerade

Linie, in der wir ein Gemenge, oder vielleicht eine Lösung der beiden Legirungen an den Gränzpunkten annehmen könnten. Die Legirungen von 35 Vol. Proc. Kupfer bis zu der mit 28 Proc. könnten wir wiederum als ein Gemenge oder eine gegenseitige Lösung der beiden Endpunktslegirungen betrachten. Diese letztere Legirung nun mit 28 Vol. Proc. oder 25,08 Gew. Proc. Kupfer bildet den niedrigsten Punkt in der Curve und correspondirt ziemlich nahe mit der Legirung $\text{Ag}_3 \text{Cu}_4$. Von hier aus bis zum Silber könnten wir ein Gemenge oder eine Lösung der erwähnten Legirung mit oder in reinem Metall annehmen. Es drängt sich nun die Wahrscheinlichkeit auf, dass in der Nähe des Punktes, der die Legirung mit 35 Vol. Proc. Kupfer repräsentirt, ebenfalls eine Verbindung von constanter Zusammensetzung vorhanden sey, da wir sonst eine gerade Linie von der Legirung mit 28 Proc. bis zu der mit 90 Proc. Kupfer hätten erwarten sollen. Es ist natürlich kaum möglich, aus dieser einen Curve irgendwelche sichere Schlüsse zu ziehen, zumal wir es hier aller Wahrscheinlichkeit nach mit mechanischen Gemengen und mit Gemengen aus chemischen Verbindungen und Lösungen des einen Metalls im andern zu thun haben; aus Allem geht aber so viel hervor, dass wir durch Bestimmung der elektrischen Leitungsfähigkeiten in den Stand gesetzt werden zu zeigen, wo constante Verbindungen sind, indem wir dann sicher in den Curven Unregelmässigkeiten finden.

Dass wir bei den Legirungen der ersten Gruppe nicht mechanische Gemenge, sondern Lösungen des einen Metalls im andern vor uns haben, mag aus der Thatsache hergeleitet werden, dass die Schmelzpunkte derselben im Allgemeinen tiefer liegen als die berechneten.

Wir kommen jetzt zur zweiten Frage: was ist die Ursache der oft reissend schnellen Abnahme in der Leistungsfähigkeit? Die einzige Antwort, die ich gegenwärtig darauf zu geben im Stande bin, ist die: sind nicht beinahe alle physikalischen Eigenschaften in einer ähnlichen Weise verändert?

Betrachten wir nämlich zuerst die Legirungen aus Me-

tallen der Klasse A, mit theoretischer Leistungsfähigkeit, so finden wir, daß die meisten ihrer übrigen physikalischen Eigenschaften von denen der Metalle nicht abweichen; wir bemerken z. B. keine Sprödigkeit. Die Legirungen scheinen in der That gleichen Antheil zu nehmen an den Eigenschaften der beiden Metalle, aus denen sie bestehen. Prüfen wir dagegen die Legirungen der zweiten Gruppe, so entdecken wir außerordentliche Verschiedenheiten. Man legire Gold, das ductilste der Metalle, mit nur kleinen Mengen von Zinn oder Blei: es wird zerbrechlich wie Glas; ferner, man füge zu Silber nur wenige Procente der obigen Metalle: wie sehr werden die Eigenschaften desselben geändert. Das Silber, in reinem Zustande eins der am leichtesten ziehbaren Metalle, waren wir der Sprödigkeit und verringerten Festigkeit wegen zu Draht zu ziehen nicht im Stande, sobald es mit mehr als 3 Proc. Zinn oder 2 Proc. Blei verbunden wurde. Ich will nicht sagen, daß es durchaus unmöglich wäre, es wurde nur zu wiederholten Malen erfolglos versucht. Auf der andern Seite finden wir keine merkliche Verschiedenheit in der Ductilität, Härte etc. von Zinn oder Blei, wenn legirt mit verhältnismäßig bedeutenden Mengen von Silber. Wir können zehn, ja zwanzig Procent Silber hinzufügen: sie bleiben ductil und lassen sich ohne alle Schwierigkeit zu Draht pressen. Natürlich bei Zinn und Blei in Legirung mit geringeren Quantitäten von Gold ist die Sache etwas verschieden, weil hier chemische Verbindungen ins Spiel kommen; aber nichtsdestoweniger können wir ihnen bis zu 5 Proc. Gold beimischen, ohne ihre Ductilität etc. in einiger Bedeutung zu verändern. Wismuth in Legirung mit Blei oder Zinn wird spröder und verliert in Drahtform bedeutend an Festigkeit; aber Zinn und Blei mit einem verhältnismäßig gröfsen Prozentgehalt von Wismuth bewahren immer einen bemerkenswerthen Grad von Dehnbarkeit etc. Nehmen wir endlich die Legirungen der dritten Gruppe. Obgleich wir unter den Gold-Silber- und Gold-Kupfer-Legirungen keine spröden finden, so wissen wir doch, wie hart Gold, Silber oder Kupfer werden, wenn mit

geringen Mengen vom andern Metall verbunden, und das sie verhältnissmässig mehr an ihrer Ductilität etc. verlieren durch Hinzufügung kleiner Quantitäten von fremdem Metall, als durch grosse. In Folge dieser Thatsachen können wir nicht erstaunt seyn über die schnelle Abnahme der Leistungsfähigkeit von Metallen aus Klasse B, in Legirung mit irgend einem andern Metall; denn wenn wir die meisten der übrigen physikalischen Eigenschaften mehr oder weniger durch Spuren fremder Metalle verändert finden, warum sollten wir dasselbe Resultat nicht auch hier erwartet haben. Finden wir dagegen in den meisten physikalischen Eigenschaften von Legirungen keine bemerkenswerthe Aenderung gegen die der Metalle, wie in der ersten Gruppe und in der zweiten Gruppe auf Seite des Metalls aus Klasse A, so werden wir auch eine der Berechnung sich nähernde Leistungsfähigkeit haben.

Es würde sehr interessant seyn, einige der übrigen physikalischen Eigenschaften von Legirungen quantitativ zu bestimmen, um zu sehen, ob diese Eigenschaften in der gleichen ausgeprägten Weise wie die elektrische Leistungsfähigkeit sich ändern, wenn ein Metall der Klasse B mit irgend einem andern Metall legirt wird, und ob ähnliche Curven aufzustellen seyen. Ich beabsichtige daher, namentlich von diesem Gesichtspunkte aus, mit der Leistungsfähigkeit für die Wärme zu beginnen. Wir werden dadurch auch sehen können, ob die Classificirung der Metalle, wie sie in dieser Abhandlung aufgestellt ist, eine ausgedehntere Geltung finden werde.

Die spec. Gewichte und Schnelzpunkte der Legirungen stimmen mit der gegebenen Gruppierung nicht überein; aller Wahrscheinlichkeit nach werden es aber Härte, Dehbarkeit, Leistungsfähigkeit der Wärme etc. etc. thun.

Ich kann diese Abhandlung nicht schliessen, ohne Dr. M. Holzmann meinen Dank zu sagen für die ausgezeichnete Weise, in welcher er den grösseren Theil der Bestimmungen ausgeführt hat.

Während ich das Obige niederschrieb, war Herr Calvert so gütig, mir die Abhandlung: »Ueber die relative Fähigkeit der Metalle und Legirungen in Leitung der Wärme«, ausgeführt von ihm selbst und Herrn Johnson¹⁾), zu senden, und ich fühle mich verpflichtet, einige Bemerkungen über dieselbe hier anzuführen. Es ist hier nicht der geeignete Platz die Verdienste der Methode zu discutiren, welche sie anwandten, sondern ich will nur auf einige Thatsachen Bezug nehmen.

1) Dafs das Kupfer, welches sie benutzten, nicht rein gewesen seyn kann, sonst würden sie nicht »glücklich genug gewesen seyn, Resultate zu erhalten, die mit denen von Professor W. Thomson übereinstimmen, nämlich dafs einige Metalle die Leistungsfähigkeit des Kupfers vernehren, andere dagegen vermindern« (p. 356). Es ist mehr als wahrscheinlich, wie wir an einer andern Stelle zeigen werden, dafs Professor Thomson's Versuche mit Suboxyd haltendem Kupfer angestellt wurden, denn ohne diese Voraussetzung sind seine erhaltenen Resultate unverständlich, da wir in keinem Falle gefunden haben, dafs eine geringe Quantität irgend eines Metalls die Leistungsfähigkeit des reinen Kupfers erhöht.

2) Dafs das Antimon, welches sie aus metantimonsaurem Natron mit Holzkohle reducirten, aller Wahrscheinlichkeit nach Natrium enthielt, da Dexter²⁾ bei seiner Arbeit über das Atomgewicht des Antimons, aus metantimonsaurem Natron, selbst nach wiederholter Behandlung mit Salpetersäure, ein Antimon erhielt, welches mit Natrium verunreinigt war, und das er daher noch einmal mit Antimonoxyd umschmelzen musste. Dieselbe Vorsicht wurde auch von Bunsen³⁾ beobachtet bei seiner Arbeit über Trennung des Antimons von Zinn etc.

3) Sie geben nicht an, nach welcher Methode sie genau ein, ein halbes und ein Viertel Procent Arsen mit Kupfer

1) *Phil. Trans. Part. II. 1858.*

2) Diese Ann. Bd. 100, S. 563.

3) Lieb. Ann. Bd. 106, S. 1.

legirten, was sie jedenfalls gethan haben sollten, da dies bisher als eine sehr schwere, ja fast unmögliche Operation betrachtet worden ist.

4) Dieselbe Frage kann aufgeworfen werden bei allen ihren Legirungen von Kupfer mit Zink etc.

5) Nichtsdestoweniger sprechen in gewisser Beziehung ihre Resultate für die in dieser Abhandlung gegebene Classification der Metalle.

6) In ihrer Abhandlung über die spec. Gewichte von Legirungen¹⁾ haben sie ihre Berechnungen auf eine falsche Voraussetzung gegründet, nämlich dass die spec. Gewichte der Metalle Antheil nehmen an dem der Legirung in dem Verhältniss ihrer relativen Gewichte, anstatt ihrer relativen Volumina (Siehe meine Abhandlung über die spec. Gewichte von Legirungen); denn sie berechnen nach der Formel:

$$\text{spec. Gew.} = \frac{As + A_1 s_1}{A + A_1} \text{ anstatt } = \frac{A + A_1}{v + v_1}$$

wenn A und A_1 ; s und s_1 ; v und v_1 , die resp. Mengen, spec. Gewichte und Atomvolumina bedeuten. Berechnet man z. B. das spec. Gewicht einer Legirung, gemacht aus 1 Grm. Platin und 1 Grm. Aluminium, nach ihrer Methode, so würde

$$\text{spec. Gew.} = \frac{1 \cdot 2,5 + 1 \cdot 21,45}{1+1} = 11,97$$

seyn, während nach der richtigen Weise

$$\text{spec. Gew.} = \frac{1 + 1}{0,4 + 0,047} = 4,46 \text{ ist.}$$

Ich habe dieses Beispiel gewählt, um den Unterschied zwischen den beiden Berechnungsmethoden recht deutlich zu zeigen, da die Berechnung nach der ersten Formel nur dann richtig ist, wenn die spec. Gewichte der beiden Metalle gleich sind. Denn da $A = vs$ und $A_1 = v_1 s_1$, so erhalten wir bei Substituirung dieser Werthe in der Formel, wenn $s = s_1$:

$$\text{spec. Gew.} = \frac{vss + v_1 s_1 s_1}{vs + v_1 s_1} = \frac{vs + v_1 s_1}{v + v_1} = \frac{A + A_1}{v + v_1}.$$

1) *Phil. Mag.* Novbr. 1859.

7) Man kann auch hier fragen, wie sie es möglich machen, bei Darstellung ihrer Legirungen den Verlust von Quecksilber, Zink etc. zu vermeiden, z. B. bei den Legirungen $Hg Sn_6$, $Zn Cu_5$ etc. Bei meinen eigenen Versuchen habe ich gefunden, dass selbst $Hg Sn_4$ nicht ohne bedeutenden Quecksilberverlust umgeschmolzen werden kann, und ich bestimmte keine Legirungen von Kupfer mit Zink etc., da es eine bekannte Thatsache ist, dass Messing stets beim Schmelzen merkbare Mengen von Zink verliert.

8) Sie sagen, dass alle Amalgame sich ausdehnen, wogegen nach den Versuchen in meiner Arbeit über die spec. Gewichte von sechs Amalgamen sich fünf zusammenziehen; und wenn sie ihre Resultate mit der richtigen Berechnung vergleichen, so werden sie finden, dass die Amalgame im Allgemeinen eine Contraction zeigen, namentlich wenn beim Schmelzen kein Quecksilber verloren ging.

Tabelle I.

Metall	Leistungsfähigkeit	Temp.	Spec. Gewicht	Atomgewicht
Silber ¹⁾	100,00	0°	10,468	108,0
Kupfer ¹⁾	93,16	19,4	8,921	31,7
Gold	72,88	21,3	19,265	197,0
Aluminium	33,76	19,6	—	—
Zink ²⁾	27,39	17,6	7,148	32,6
Cadmium	22,10	18,8	8,655	56,0
Eisen	14,14	20,4	—	—
Palladium	12,64	17,2	—	—
Zinn	11,45	21,0	7,294	58,0
Platin	10,53	20,7	—	—
Antimon	4,29	18,7	6,713	122,3
Quecksilber	1,63	22,8	13,573	100,0
VWismuth	1,19	13,8	9,822	208,0

1) Spec. Gew. des geschmolzenen Kupfers siehe Gmelin Bd. III, S. 376.

2) Drei Bestimmungen des spec. Gewichts geben:

$$\left. \begin{array}{l} 7,150 \text{ bei } 14^{\circ},4 \\ 7,149 \text{ bei } 15,0 \\ 7,146 \text{ bei } 15,5 \end{array} \right\} \text{ Mittel: } 7,148 \text{ bei } 15^{\circ},0.$$

Tabelle II.

Legirung.	Volum-Procent.	Gefundene Leitfähigkeits-	Temperatur.	Mittel der gefundenen Leitfähigkeiten.	Temperatur.	Berechnete Leitfähigkeits-			
						nach dem Volum.	Differenz.	nach dem Gewicht.	nach dem Aequivalent.

Blei-Zinn Reihe.

von Pb

Pb ₆ Sn	87,31	8,17 8,12 8,09	18°,2 18°,6 19°,0	8,13	18°,6	8,22	-0,09	8,29	8,08
Pb ₄ Sn	82,09	8,28 8,20 8,35	9°,0 9°,0 9°,4	8,28	9°,1	8,43	-0,15	8,51	8,22
Pb ₂ Sn	69,63	8,67 8,75 8,72	15°,4 16°,2 16°,4	8,71	16°,0	8,89	-0,18	8,99	8,61
Pb Sn	53,41	9,37 9,21 9,30	15°,4 15°,6 16°,0	9,29	15°,7	9,48	-0,19	9,61	9,09
Pb Sn ₂	36,43	10,16 10,07 10,21	15°,8 15°,8 16°,0	10,15	15°,9	10,11	+0,04	10,22	9,71
Pb Sn ₄	22,28	10,56 10,64 10,50	16°,0 16°,2 16°,5	10,57	16°,2	10,63	-0,06	10,71	10,31
Pb Sn ₆	16,04	10,70 10,85 10,79	18°,2 18°,6 19°,0	10,78	18°,6	10,86	-0,08	10,92	10,60

Zinn-Cadmium Reihe.

von Sn

Sn ₆ Cd	88,06	12,82 12,63 12,71	22°,0 22°,1 22°,1	12,72	22°,1	12,72		12,97	12,94
Sn ₄ Cd	83,10	13,39 13,13 13,17	22°,0 22°,2 22°,6	13,23	22°,3	13,25	-0,02	13,58	13,52
Sn ₂ Cd	71,08	14,58 14,30 14,45	20°,0 20°,2 20°,4	14,44	20°,2	14,53	-0,09	15,00	14,92
Sn Cd	55,14	16,16 16,14 16,12	20°,8 21°,0 21°,0	16,14	20°,9	16,23	-0,09	16,77	16,68

Legirung.	Vo- lum- Pro- cent.	Ge- fun- dene Lei- tungs- fähig- keit.	Tem- pera- tur.	Mittel der ge- funde- nen Lei- tungsfä- higkei- ten.	Tem- pera- tur.	Berechnete Leistungs- fähigkeit,			
						nach dem Vo- lum.	Diffe- renz.	nach dem Ge- wicht	nach dem Aequi- valent.
Sn Cd ₂	38,06	18,52	19°,0	18,36	19°,6	18,05	+0,31	18,55	18,47
		18,25	19°,7						
		18,31	20°,0						
Sn Cd ₄	23,50	19,72	20°,1	19,62	20°,3	19,60	+0,02	19,97	19,91
		19,42	20°,3						
		19,71	20°,5						
Sn Cd ₆	17,00	20,55	20°,2	20,42	20°,5	20,29	+0,13	20,58	20,53
		20,28	20°,7						
		20,44	20°,6						

Zinn-Zink Reihe.

von Sn		12,77	21°,2						
Sn ₆ Zn	91,28	12,68	21°,4	12,66	21°,3	12,84	-0,18	13,72	12,81
		12,63	21°,4						
Sn ₄ Zn	87,46	13,34	20°,0	13,22	20°,0	13,45	-0,14	14,64	13,41
		13,35	20°,0						
		13,26	20°,0						
Sn ₂ Zn	77,71	15,40	20°,0	15,28	20°,0	15,00	+0,28	16,76	14,95
		15,25	20°,0						
		15,20	20°,0						
Sn Zn	63,56	17,32	19°,8	17,35	19°,9	17,26	+0,09	19,42	17,18
		17,36	19°,8						
		17,36	20°,2						
Sn Zn ₂	46,58	19,57	21°,0	19,67	22°,1	19,96	-0,29	22,08	19,88
		19,67	21°,0						
		19,67	21°,4						
Sn Zn ₄	30,36	22,23	20°,0	22,28	20°,1	22,55	-0,17	24,20	22,48
		22,42	20°,0						
		22,18	20°,2						

Cadmium-Zink Reihe.

von Cd		22,45	18°,9						
Cd ₆ Zn	89,49	22,50	19°,8	22,48	19°,4	22,65		22,77	22,57
		22,40	19°,6						
Cd ₄ Zn	85,02	22,71	20°,2	22,86	20°,3	22,90		23,16	22,77
		22,98	20°,3						
		22,88	20°,3						
Cd ₂ Zn	73,94	23,38	21°,2	23,45	21°,3	23,48		23,86	23,29
		23,53	21°,8						
		23,45	21°,0						

Legirung.	Vo- lum- Pro- cent.	Gefun- dene Lei- tungs- fähig- keit.	Tem- pera- tur.	Mittel der ge- funde- nen Lei- tungsfä- higkei- ten.	Tem- pera- tur.	Berechnete Leitungs- fähigkeit,				
						nach dem Vo- lum	Diffe- renz.	nach dem Ge- wicht.		
Cd Zn	58,66	23,80	22°,2	23,87	22°,3	24,29	24,74	24,03		
		23,86	22 ,0		22 ,2	25,19				
		23,94	22 ,4							
Cd Zn ₂	41,50	24,02	22 ,2	24,13	22 ,2	25,19	25,63	24,95		
		24,30	22 ,0		22 ,4	25,19				
		24,07	22 ,4							
Cd Zn ₄	26,19	25,32	20 ,2	25,15	20 ,3	26,00	26,33	25,80		
		25,04	20 ,3		20 ,3	26,00				
		25,08	20 ,3							
Cd Zn ₆	19,12	25,91	19 ,6	25,86	20 ,0	26,38	26,63	26,21		
		25,78	20 ,0		20 ,4	26,38				
		25,90	20 ,4							

Blei - Cadmium Reihe.

	von Pb							
Pb ₆ Cd	89,43	8,46	22°,0	8,38	22°,1	9,29	-0,91	9,82
		8,28	22 ,1		22 ,2	9,93	-0,94	10,64
		8,41	22 ,2					
Pb ₄ Cd	84,93	8,99	23 ,0	8,99	23 ,0	9,93	-0,94	9,48
		9,08	23 ,6		22 ,5	10,20	-1,32	12,55
		8,89	22 ,5					
Pb ₂ Cd	73,81	10,26	18 ,0	10,20	18 ,5	11,52	-1,32	10,82
		10,13	18 ,6		19 ,0	11,52	-1,11	14,93
		10,22	19 ,0					
Pb Cd	58,49	12,59	21 ,5	12,61	21 ,8	13,72	-1,11	12,79
		12,75	21 ,8		22 ,0	12,61	-1,55	17,32
		12,48	22 ,0					
Pb Cd ₂	41,33	14,63	21 ,2	14,63	21 ,2	16,18	-1,55	15,21
		14,66	21 ,8		21 ,3	14,63	-0,67	19,23
		14,61	21 ,3					
Pb Cd ₄	26,05	17,61	20 ,0	17,70	20 ,7	18,37	-0,67	17,57
		17,97	20 ,7		21 ,4	17,70	-0,40	20,05
		17,53	21 ,4					
Pb Cd ₆	19,02	18,92	21 ,6	18,98	21 ,4	19,38	-0,40	18,72
		19,00	21 ,6		21 ,0	18,98	-0,67	19,23
		19,01	21 ,0					

Legiru

Bi₁₀₀PBi₁₂₅PBi₈₅PBi₇₀PBi₈₅PBi₁₀PBi₂₄PBi₁₀PBi₁₄PBi₁₂PBi₁₀Pb

Pegge

Tabelle III.

Legirung.	Volnm.- Procent.	Gefundene Leitungs-fä- higkeit.	Temp.	Mittel.	Temp.	Leitungs-fä- higkeit be- rechnet nach dem Volum.
Wismuth-Blei Reihe.						
von Bi						
Bi ₁₀₀ Pb	99,73	0,901 0,911 0,901	25°,6 25°,8 26°,0	0,904	25°,8	1,208
Bi ₁₂₅ Pb	99,66	0,605 0,606 0,620	23°,7 23°,7 23°,9	0,610	23°,8	1,213
Bi ₁₀₀ Pb	99,57	0,437 0,422 0,424	24°,6 24°,9 25°,0	0,428	24°,8	1,218
Bi ₈₅ Pb	99,50	0,307 0,308 0,315	25°,3 25°,7 25°,8	0,310	25°,6	1,223
Bi ₇₀ Pb	99,39	0,289 0,291 0,293	25°,0 25°,0 25°,0	0,291	25°,0	1,23
Bi ₄₈ Pb	99,11	0,271 0,269 0,270	21°,2 21°,3 21°,4	0,270	21°,3	1,25
Bi ₃₀ Pb	98,59	0,264 0,261 0,259	22°,6 23°,0 23°,2	0,261	22°,9	1,28
Bi ₂₄ Pb	98,24	0,256 0,257 0,258	24°,0 24°,2 24°,1	0,257	24°,1	1,31
Bi ₂₀ Pb	97,89	0,275 0,268 0,271	23°,8 24°,0 24°,1	0,271	24°,0	1,33
Bi ₁₄ Pb	97,01	0,289 0,289 0,288	23°,8 23°,8 24°,0	0,289	23°,9	1,39
Bi ₁₃ Pb	96,54	0,303 0,301 0,305	23°,0 23°,5 24°,0	0,303	23°,5	1,42
Bi ₁₀ Pb	95,87	0,316 0,314 0,310	21°,0 21°,3 21°,5	0,313	21°,3	1,46
Bi ₈ Pb	94,89	0,357 0,358 0,356	22°,0 22°,9 23°,0	0,357	22°,6	1,53

Legirung.	Volum-Procent.	Gefundene Leitfähigkeit.	Temp.	Mittel.	Temp.	Leitfähigkeit berechnet nach dem Volum.	Legirung
Bi ₆ Pb	93,31	0,402 0,402 0,412	21°,2 21°,4 21°,8	0,405	21°,5	1,63	Sb Pb
Bi ₄ Pb	90,28	0,513 0,522 0,527	19°,8 20°,0 20°,2	0,521	20°,0	1,83	Sb Pb
Bi ₂ Pb	82,29	0,856 0,872 0,850	19°,8 19°,8 20°,0	0,859	19°,9	2,35	Sb Pb
BiPb	69,91	1,44 1,40 1,38	19°,2 19°,2 19°,2	1,41	19°,2	3,17	Sb Pb
BiPb ₂	53,74	2,09 2,12 2,07	21°,6 22°,4 22°,6	2,09	22°,2	4,23	Sb Pb
BiPb ₄	36,74	2,83 2,88 2,89	22°,7 22°,8 22°,0	2,87	22°,5	5,35	Sb Pb
BiPb ₆	27,91	3,45 3,49 3,47	20°,8 21°,5 21°,6	3,47	21°,3	5,93	
BiPb ₈	22,50	4,00 4,05 4,01	21°,6 21°,6 21°,8	4,02	21°,7	6,29	Pb ₂₀ A
BiPb ₁₀	18,85	4,32 4,35 4,38	20°,8 20°,8 21°,0	4,35	20°,9	6,53	Pb ₁₀ A
BiPb ₂₁	8,83	5,51 5,59 5,54	24°,2 24°,5 24°,5	5,55	24°,4	7,19	Pb ₈ A
BiPb ₁₀₀	2,27	7,00 7,11 6,97	23°,9 24°,0 24°,2	7,03	24°,0	7,62	Pb ₆ A

Antimon-Blei Reihe.

von Sb

Sb ₂ Pb	80,00	2,92 2,84 2,83	24°,0 24°,3 24°,3	2,86	24°,2	4,99	Pb ₄ A
SbPb	66,67	3,26 3,29 3,37	26°,2 26°,4 26°,3	3,31	26°,3	5,45	Pb ₂ A

Legirung.	Volum-Procent.	Gefundene Leitfähigkeits-	Temp.	Mittel.	Temp.	Leitfähigkeits-
		higkeit.				berechnet nach dem Volum.
Sb Pb ₂	50,00	3,99	23°,2			
		3,94	23°,3	3,93	23°,4	6,03
		3,85	23°,7			
Sb Pb ₄	33,33	4,81	24°,0			
		4,67	24°,0	4,72	24°,1	6,61
		4,67	24°,2			
Sb Pb ₆	25,00	5,48	26°,0			
		5,52	26°,1	5,52	26°,1	6,90
		5,55	26°,3			
Sb Pb ₁₀	16,66	5,98	25°,2			
		6,05	25°,5	6,03	25°,4	7,19
		6,06	25°,5			
Sb Pb ₂₀	9,09	6,69	25°,5			
		6,61	25°,5	6,64	25°,5	7,45
		6,63	25°,5			
Sb Pb ₅₀	3,85	7,04	23°,5			
		7,06	23°,7	7,09	23°,7	7,64
		7,16	23°,9			

Blei-Gold Reihe.

von Pb

Pb ₂₀ Au	94,96	5,89 5,83 5,81	24°,0 26°,0 26°,2	5,84	25°,4	11,23
Pb ₁₀ Au	89,91	4,36 4,30 4,28	22°,8 23°,0 23°,1	4,31	23°,0	14,34
Pb ₅ Au	87,70	3,79 3,79 3,71	26°,0 26°,0 26°,2	3,76	26°,1	15,78
Pb ₆ Au	84,25	2,83 2,85 2,81	19°,6 19°,8 19°,8	2,83	19°,7	18,03
Pb ₄ Au	78,10	3,02 3,01 3,00	21°,6 22°,4 22°,8	3,01	22°,3	22,04
Pb ₂ Au	64,07	3,60 3,58 3,59	16°,0 17°,0 17°,4	3,59	16°,8	31,18

Legirung.	Volum-Procent.	Gefundene Leitfähigkeits-	Temp.	Mittel.	Temp.	Leitfähigkeits-
		von Pb	Blei - Silber Reihe.			berechnet nach dem Volum.
Pb ₅₀ Ag	97,69	7,87 7,91 7,95	25°,2 25°,4 25°,4	7,91	25°,3	9,81
Pb ₂₀ Ag	94,64	8,14 8,03 8,01	24°,0 24°,0 25°,0	8,06	25°,3	12,71
Pb ₈ Ag	87,60	8,50 8,49 8,48	26°,4 26°,6 26°,8	8,49	26°,6	19,20
Pb ₄ Ag	77,94	9,02 9,00 8,92	26°,0 26°,2 26°,2	8,98	26°,1	28,11
Pb ₂ Ag	63,86	10,72 10,64 10,67	14°,8 16°,0 16°,0	10,68	15°,6	41,10
Pb Ag	46,96	11,60 11,81 11,66	16°,0 16°,6 16°,8	11,69	16°,5	56,73
Pb Ag ₂	30,64	15,95 15,45 15,48	13°,6 13°,8 14°,3	15,63	13°,9	71,74
Pb u. Ag	1,39	47,66 47,81 47,70	23°,5 24°,0 24°,0	47,92	23°,8	98,72
Pb u. Ag	0,89	67,36 66,92 67,11	22°,0 24°,0 24°,2	67,13	23°,4	99,18

In den beiden letzten Legirungen wurde die Menge des Silbers durch Analyse nachgewiesen.

		VWismuth-Zinn Reihe.				
		von Bi				
Bi ₂₀₀ Sn	99,81	1,08 1,08 1,07	25°,0 25°,2 25°,3	1,08	25°,2	1,21
Bi ₆₀ Sn	99,58	0,420 0,414 0,421	27°,0 27°,0 27°,2	0,418	27°,2	1,23
Bi ₆₀ Sn	99,38	0,262 0,267 0,262	26°,2 26°,4 26°,4	0,264	26°,3	1,25

Legirung
Bi₄₄Sn
Bi₃₉Sn
Bi₁₉Sn
Bi₆Sn
Bi₄Sn
Bi₂Sn
Bi Sn
Bi Sn₂
Bi Sn₄
Bi Sn₆
Bi Sn₈

Legirung.	Volum-Procent.	Gefundene Leitfähigkeits-	Temp.	Mittel.	Temp.	Leitfähigkeits-
		higkeit.				berechnet nach dem Volum.
Bi ₄₄ Sn	99,15	0,246	26°,7			
		0,244	26°,9	0,245	26°,8	1,28
		0,244	26°,9			
Bi ₃₆ Sn	98,76	0,256	23°,6			
		0,253	23°,8	0,255	24°,1	1,32
		0,256	24°,8			
Bi ₁₀ Sn	96,38	0,352	24°,4			
		0,357	24°,8	0,356	24°,7	1,56
		0,360	24°,8			
Bi ₆ Sn	94,11	0,513	29°,6			
		0,515	29°,8	0,513	29°,7	1,79
		0,510	29°,7			
Bi ₄ Sn	91,42	0,630	29°,4			
		0,629	29°,6	0,632	29°,6	2,07
		0,637	29°,8			
Bi ₂ Sn	84,19	1,03	30°,0			
		1,02	29°,9	1,04	29°,4	2,81
		1,06	29°,9			
Bi Sn	72,70	2,22	28°,3			
		2,23	28°,5	2,24	28°,5	3,99
		2,28	28°,7			
Bi Sn ₂	57,19	3,93	25°,6			
		3,97	25°,7	3,96	25°,7	5,59
		3,97	25°,8			
Bi Sn ₄	40,05	5,84	23°,0			
		5,85	24°,2	5,84	23°,9	7,35
		5,83	24°,4			
Bi Sn ₆	30,81	7,02	27°,8			
		7,12	28°,0	7,04	27°,9	8,29
		6,99	28°,0			
Bi Sn ₈	25,04	7,79	24°,8			
		7,82	24°,8	7,82	24°,9	8,89
		7,84	25°,0			
Bi Sn ₄₄	5,73	10,22	24°,0			
		10,43	24°,4	10,41	24°,2	10,86
		10,57	24°,3			

Antimon-Zinn Reihe.

von Sb						
Sb Sn ₄	36,42	6,03	20°,8	6,07	20°,7	8,84

Legirung.	Volum-Procent.	Gefundene Leistungsfähigkeit.	Temp.	Mittel.	Temp.	Leistungsfähigkeit berechnet nach dem Volum.
$SbSn_6$	27,63	6,63	20°,3	6,56	20°,4	9,47
		6,56	20°,3			
		6,50	20°,5			
$SbSn_{10}$	18,64	7,66 7,66 7,78	27°,4 27°,4 27°,4	7,21	27°,0	10,12
$SbSn_{20}$	10,28	7,66 7,66 7,78	27°,4 27°,4 27°,4	7,70	27°,4	10,71
$SbSn_{40}$	5,42	8,52 8,48 8,47	27°,0 27°,0 27°,0	8,49	27°,0	11,06
$SbSn_{100}$	2,24	9,62 9,64 9,60	25°,2 25°,8 26°,0	9,62	25°,7	11,29
$SbSn_{200}$	1,13	10,01 9,91 10,02	27°,7 27°,9 28°,0	9,98	27°,9	11,37

Von der Legirung $SbSn_{10}$ ist das Mittel aus zehn nicht übereinstimmenden Versuchen angegeben, welche zwischen 6,70 und 7,70 lagen.

Zinn-Gold Reihe.

	von Sn					
$Sn_{100}Au$	98,73	11,21	24°,9	11,11	23°,6	12,23
		11,05	22°,0			
		11,07	24°,0			
$Sn_{50}Au$	95,89	9,89	23°,8	9,97	23°,8	13,98
		9,89	23°,8			
		10,12	23°,8			
$Sn_{18}Au$	93,33	9,31	23°,9	9,18	24°,2	15,55
		9,11	24°,0			
		9,11	24°,7			
$Sn_{12}Au$	90,32	7,66	19°,8	7,76	19°,8	17,40
		7,81	19°,8			
		7,81	19°,8			
Sn_8Au	86,15	6,05	20°,2	6,13	19°,2	19,96
		6,19	20°,0			
		6,16	17°,4			
Sn_6Au	82,35	4,97	21°,6	4,98	21°,7	22,30
		4,99	21°,6			
		4,98	21°,8			
Sn_5Au	79,54	4,30	21°,2	4,28	21°,3	24,03
		4,25	21°,2			
		4,30	21°,5			

Legirung.	Volum - Procent.	Gefundene Leistungsfähigkeit.	Temp.	Mittel.	Temp.	Leistungsfähigkeit berechnet nach dem Volum.
Sn_4Au	75,67	5,15	21°,4	5,12	22°,3	26,41
		5,10	22°,8			
		5,11	22°,8			
Sn_3Au	70,00	8,86	20°,6	8,86	21°,0	29,90
		8,80	21°,0			
		8,92	21°,5			
Sn_2Au	60,87	14,18	17°,4	14,27	18°,1	35,51
		14,08	18°,2			
		14,54	18°,6			
SnAu	43,75	8,91	14°,6	8,88	15°,9	46,03
		8,85	16°,0			
		8,89	17°,2			
SnAu_2	28,00	5,20	14°,0	5,18	15°,0	55,72
		5,15	17°,0			
		5,19	14°,0			
SnAu	2,11	13,14	20°,6	13,12	21°,4	71,58
		13,10	21°,6			
		13,13	20°,0			
SnAu	1,17	19,84	18°,4	19,59	18°,8	72,16
		19,43	19°,0			
		19,51	19°,0			

Das Gold wurde in den beiden letzten Legirungen quantitativ bestimmt.

Zinn-Silber Reihe.

von Sn

Sn_{180}Ag	99,28	11,29 11,37 11,46	21°,8 21°,8 22°,0	11,37	21°,9	12,08
Sn_{50}Ag	99,47	11,52 11,34 11,51	20°,6 20°,0 20°,2	11,46	20°,3	13,69
Sn_{30}Ag	96,52	11,41 11,49 11,48	19°,8 20°,4 20°,6	11,46	20°,3	14,53
Sn_{24}Ag	94,87	11,65 11,57 11,49	20°,3 20°,3 20°,2	11,57	20°,3	15,99
Sn_{18}Ag	93,28	11,62 11,51 11,55	19°,7 20°,0 20°,6	11,56	20°,1	17,40
Sn_{12}Ag	90,25	11,56 11,58 11,46	20°,4 20°,5 19°,5	11,53	20°,1	20,09

Legirung.	Volum-Procent.	Gefundene Leitfähigkeit.	Temp.	Mittel.	Temp.	Leitfähigkeit berechnet nach dem Volum.
Sn_6Ag	82,23	12,22	23°,7			
		12,17	23°,3	12,23	23°,3	27,19
		12,28	23°,0			
Sn_4Ag	75,51	12,70	19°,7			
		12,40	19°,8	12,58	19°,8	33,14
		12,65	20°,0			
Sn_2Ag	60,66	14,40	20°,3			
		14,75	20°,8	14,35	20°,6	46,29
		13,91	20°,8			
SnAg	2,01	23,97	20°,5			
		23,86	20°,5	23,95	20°,6	98,22
		24,01	20°,7			
SnAg	0,93	35,57	20°,6			
		36,08	20°,8	35,70	20°,7	99,17
		35,47	20°,8			

In den beiden letzten Legirungen wurde das Silber quantitativ bestimmt.

Tabelle IV.

Wismuth-Gold Reihe.

	von Bi					
Bi_{90}Au	99,47	1,02	23°,5			
		1,01	24°,0	1,01	24°,0	1,57
		1,00	24°,4			
Bi_{40}Au	98,81	0,993	21°,5			
		0,990	21°,7	0,998	21°,6	2,04
		1,010	21°,7			
Bi_{20}Au	97,64	1,08	19°,7			
		1,10	20°,0	1,09	19°,9	2,88
		1,10	20°,0			
Bi_8Au	94,31	1,25	21°,7			
		1,26	21°,9	1,25	21°,9	5,27
		1,25	22°,6			
Bi_4Au	89,23	1,41	22°,6			
		1,43	22°,7	1,42	22°,6	8,92
		1,43	22°,6			
Bi_2Au	80,55	1,80	13°,4			
		1,85	13°,8	1,82	13°,7	15,14
		1,81	14°,0			
BiAu	67,43	2,90	15°,8			
		2,98	14°,2	2,95	14°,3	24,55
		2,98	15°,0			

Legirung.	Volum-Procent.	Gefundene Leitfähigkeits.	Temp.	Mittel.	Temp.	Leitfähigkeit berechnet nach dem Volum.
Wismuth-Silber Reihe.						
	von Bi					
Bi ₂₀₀ Ag	99,76	1,11 1,12 1,13	21°,5 21°,0 21°,5	1,12	21°,3	1,43
Bi ₅₀ Ag	99,04	1,08 1,12 1,12	21°,4 21°,5 21°,2	1,11	21°,4	2,14
Bi ₂₄ Ag	98,01	1,14 1,14 1,15	21°,5 21°,5 21°,3	1,14	21°,4	3,16
Bi ₁₂ Ag	96,10	1,34 1,29 1,33	18°,9 20°,3 20°,5	1,32	19°,9	5,05
Bi ₆ Ag	92,49	1,64 1,65 1,67	21°,5 21°,5 21°,8	1,65	21°,6	8,61
Bi ₄ Ag	89,15	1,78 1,77 1,78	20°,1 20°,4 20°,4	1,78	20°,3	11,92
Bi ₂ Ag	80,42	2,48 2,47 2,41	20°,0 20°,0 20°,2	2,45	20°,1	20,54
Bi Ag	67,23	3,33 3,32 3,26	21°,0 21°,5 21°,8	3,30	21°,4	33,56
Bi Ag ₃	50,64	4,60 4,78 4,60	22°,2 22°,4 22°,5	4,66	22°,4	49,95
Bi Ag ₄	33,91	7,95 8,11 8,18	19°,7 20°,6 20°,5	8,08	20°,3	66,49
Bi u. Ag	2,33	48,33 47,34 47,94	22°,6 22°,0 24°,2	47,87	22°,9	97,70

Die Menge des Silbers in der letzten Legirung wurde analytisch bestimmt.

Gold-Kupfer Reihe.						
	von Au					
Au u. Cu	97,72	46,59 46,64 46,76	18°,6 19°,4 19°,4	46,66	19°,1	73,34

Legirung.	Volum-Procent.	Gefundene Leitfähigk.	Temp.	Mittel.	Temp.	Leitfähigk. berechnet nach dem Volum.
Au u. Cu	95,67	32,97	19°,4			
		32,94	19°,4	33,01	19°,4	73,75
		33,11	19°,4			
Au u. Cu	91,54	22,23	17°,5			
		22,65	18°,2	22,45	17°,9	74,58
		22,46	18°,1			
Au u. Cu	83,83	15,22	20°,2			
		15,38	20°,3	15,35	20°,3	76,16
		15,44	20°,3			
Au u. Cu	73,15	12,41	19°,0			
		12,80	19°,8	12,66	19°,6	78,32
		12,77	20°,0			
Au u. Cu	53,20	11,31	17°,2			
		11,55	18°,0	11,45	17°,8	82,37
		11,50	18°,2			
Au u. Cu	38,05	12,55	20°,0			
		12,52	20°,2	12,49	20°,1	85,44
		12,40	20°,1			
Au u. Cu	31,07	13,93	17°,0			
		13,94	17°,2	14,00	17°,1	86,91
		14,14	17°,2			
Au u. Cu	19,36	19,79	16°,8			
		19,82	17°,0	19,86	16°,9	89,23
		19,98	17°,0			
Au u. Cu	11,43	28,59	19°,4			
		28,61	19°,5	28,74	19°,5	90,84
		29,03	19°,6			
Au u. Cu	9,06	32,97	17°,0			
		33,34	17°,0	33,16	17°,0	91,32
		33,18	17°,0			
Au u. Cu	3,53	53,20	18°,0			
		53,09	18°,2	53,18	18°,0	92,44
		53,25	18°,1			
Au u. Cu	1,64	65,10	18°,0			
		65,80	18°,2	65,36	18°,1	92,82
		66,00	18°,1			

Die Menge des Goldes wurde in sämmtlichen Legirungen dieser Reihe durch die Analyse festgestellt.

Legirung.	Volum-Procent.	Gefundene Leistungsfähigkeit.	Temp.	Mittel.	Temp.	Leistungsfähigkeit berechnet nach dem Volum.
Gold-Silber Reihe.						
von Au						
Au ₈₄ Ag	98,81	59,41 59,41 58,46	24°,7 25°,0 25°,5	59,09	25°,1	73,25
Au ₅₆ Ag	98,23	52,60 53,23 53,90	25°,6 25°,7 25°,8	53,24	25°,7	73,41
Au ₃₆ Ag	97,27	48,86 48,79 48,92	25°,8 25°,8 26°,0	48,86	25°,9	73,67
Au ₁₆ Ag	94,07	37,93 37,87 38,57	26°,2 26°,4 26°,5	38,12	26°,4	74,54
Au ₈ Ag	88,80	28,47 28,22 29,06	26°,6 26°,6 26°,6	28,58	26°,6	75,96
Au ₆ Ag	85,61	25,12 24,96 24,90	21°,2 21°,4 22°,0	24,99	21°,5	76,83
Au ₄ Ag	79,86	20,86 20,95 20,91	20°,8 21°,0 21°,2	20,91	20°,2	78,38
Au ₂ Ag	66,47	16,29 16,08 16,22	20°,0 20°,2 20°,4	16,20	21°,0	82,01
AuAg	49,79	14,68 14,50 14,60	22°,0 22°,2 22°,5	14,59	22°,2	86,52
AuAg ₂	33,14	16,32 16,25 16,31	19°,6 20°,0 20°,0	16,30	19°,9	91,03
AuAg ₄	19,86	21,00 20,86 20,86	21°,0 21°,2 21°,4	20,91	21°,2	94,62
AuAg ₆	14,18	25,36 25,22 25,18	19°,0 20°,2 20°,4	25,29	19°,9	96,16
AuAg ₈	11,02	29,93 29,69 30,00	19°,3 19°,5 19°,8	29,87	19°,5	97,02

Legirung.	Volum-Procent.	Gefundene Leitfähigkeits-	Temp.	Mittel.	Temp.	Leitfähigkeits-
		higkeit.				berechnet nach dem Volum.
AuAg ₁₆	5,84	41,16	20°,2			
		41,18	20°,6	41,19	20°,5	98,42
		41,24	20°,7			
AuAg ₃₆	2,68	56,41	23°,6			
		56,72	23°,8	56,54	23°,8	99,27
		56,49	24°,0			
AuAg ₅₆	1,74	61,05	21°,8			
		60,27	22°,0	60,63	21°,9	99,58
		60,56	21°,9			
AuAg ₈₄	1,17	73,95	21°,9			
		73,40	22°,2	73,85	22°,1	99,68
		74,19	22°,2			

Kupfer-Silber Reihe.

	von Cu					
Cu u. Ag	98,96	87,61	20°,6			
		86,65	20°,6	86,91	20°,7	93,23
		86,46	21°,0			
Cu u. Ag	97,94	80,01	19°,6			
		79,21	19°,8	79,38	19°,7	93,30
		78,93	19°,8			
Cu u. Ag	94,84	75,09	19°,8			
		76,21	20°,0	75,64	20°,0	93,51
		75,62	20°,2			
Cu u. Ag	89,83	70,52	21°,0			
		69,38	21°,2	69,92	21°,1	93,86
		69,86	21°,2			
Cu u. Ag	78,33	67,74	18°,6			
		67,52	19°,0	67,82	18°,8	94,64
		68,19	18°,8			
Cu u. Ag	67,45	68,37	19°,0			
		68,00	19°,0	67,90	19°,0	95,38
		67,33	19°,0			
Cu u. Ag	63,29	68,28	24°,0			
		67,88	22°,2	68,18	22°,2	95,67
		68,31	22°,5			
Cu u. Ag	45,37	67,12	18°,9			
		67,55	19°,0	67,43	19°,0	95,89
		67,61	19°,0			
Cu u. Ag	38,87	65,13	19°,5			
		64,54	19°,6	64,94	19°,6	97,34
		65,15	19°,8			

Legirung.	Volum-Procent.	Gefundene Leitfähigkeit.	Temp.	Mittel.	Temp.	Leitfähigkeit berechnet nach dem Volum.
Cu u. Cu	28,21	68,25	17°,4			
		62,55	17°,2	62,71	17°,2	98,07
		62,30	17°,0			
Cu u. Ag	17,84	63,83	17°,0			
		63,48	17°,0	63,71	17°,0	98,74
		63,82	17°,0			
Cu u. Ag	13,15	67,86	17°,0			
		67,50	17°,6	67,44	17°,5	99,10
		66,96	18°,0			
Cu u. Ag	6,12	75,19	16°,5			
		74,37	16°,8	74,48	16°,8	99,58
		73,87	17°,0			
Cu u. Ag	3,23	78,32	17°,0			
		78,60	17°,0	78,23	17°,1	95,78
		77,78	17°,2			
Cu u. Ag	2,01	84,69	16°,8			
		83,42	17°,0	83,80	17°,0	99,86
		83,31	17°,2			

In allen Legirungen dieser Reihe wurde die Menge des Silbers analytisch bestimmt.

Tabelle V.

Hg Sn		3,82	22°,0	33,78	22°,0
		3,74	22°,0		
Pb und 0,10 Pd		6,22	24°,5	6,22	24°,5
		6,22	24°,5		
Sn und 0,10 Pd		9,02	24°,0		
		9,10	24°,5	9,06	24°,2
Pb und 0,10 Pt		5,21	21°,2		
		5,15	21°,5	5,18	21°,4
Sn und 0,10 Pt		9,38	21°,0		
		9,37	22°,2	9,37	21°,1
Sn und 0,25 Fe		9,82	20°,5		
		9,60	20°,5	9,71	20°,5
Sn und 0,10 Al		23,94	24°,4		
		24,10	24°,5	24,02	24°,5

London, im November 1859.

III. Ueber die elektrische Leistungsfähigkeit des reinen Kupfers und deren Verminderung durch Metalloide und Metalle;

von A. Matthiesen und M. Holzmann.

Da die elektrische Leistungsfähigkeit käuflicher Kupfersorten öfters so außerordentlich niedrig gefunden wird, ohne daß bedeutendere Mengen von Verunreinigung darin enthalten wären, so schien es von Interesse, den Einfluß etwas genauer zu untersuchen, welchen nicht allein fremde Metalle, sondern namentlich auch Metalloide auf die Leistungsfähigkeit des reinen Kupfers ausüben. Vor Allem hielten wir es aber für nöthig, die letztere selbst festzustellen, da die bisherigen Angaben verschiedener Beobachter sehr bedeutend differiren. Setzt man nämlich die Leistungsfähigkeit des reinen Silbers gleich 100, so ist die des Kupfers nach:

Riess ¹⁾)	Lenz ²⁾)	H. Davy ³⁾)	Christie ³⁾)	Harris ³⁾)
67,2	73,4	91,2	66,0	100,0
Buff ⁴⁾)	Pouillet ⁵⁾)		Arndtsen ⁶⁾ .	
95,4	73,0		98,69	

Wir unternahmen daher, das Kupfer sowohl auf chemischem, als auf elektrolytischem Wege rein darzustellen, und wir bestimmten außerdem auch käufliches galvanisch niedergeschlagenes Kupfer. Mit sämmtlichen Sorten erhielten wir Werthe, welche in die Fehlergränzen der Beobachtungen bei ein- und derselben Sorte fielen. Käuflicher

1) Diese Ann. Bd. 45, S. 20.

2) Diese Annal. Bd. 45, S. 105.

3) Gmelin, Bd. 1, S. 289.

4) Buff, Grundriß der Physik, S. 348.

5) Müller, Lehrbuch der Physik, Bd. 2, S. 202.

6) Diese Annal. Bd. 104, S. I.

NB. Die Temperaturen sind von den meisten der obigen Beobachter leider nicht mit angegeben; nur die Zahlen von Lenz und Arndtsen, welche die Leistungsfähigkeit bei verschiedenen Temperaturen bestimmten, sind für 0° berechnet.

reiner Kupfervitriol wurde in Wasser gelöst, filtrirt, nach dem Ansäuern durch Schwefelwasserstoff gefällt, das Schwefelkupfer in Königswasser gelöst, die filtrirte Flüssigkeit in der Wärme mit einem grosen Ueberschus von kohlensaurem Natron niedergeschlagen und das geglühte Kupferoxyd durch reinen Wasserstoff reducirt. Das auf galvanischem Wege erhaltene Kupfer war aus der nämlichen Kupfervitriollösung durch eine sehr schwache Bunsen'sche Batterie langsam niedergeschlagen; als Kathode diente ein mit Oel überzogenes Platinblech, als Anode ein Platindraht.

Zur Bestimmung der Leitungsfähigkeit wurde die Methode angewandt, welche der eine von uns in diesen Annalen Band 100, S. 178, näher beschrieben hat. Die Drähte waren sämmtlich hart gezogen, besaßen einen Durchmesser von 0,25—0,5 Millimeter und eine Länge von 0,5—1,5 Meter; von jeder Kupfersorte wurden zwei oder drei Drähte, gewöhnlich mit verschiedenem Durchmesser, bestimmt. Als Leitungsfähigkeit (verglichen mit einem hart gezogenen Silberdraht = 100 bei 0° C.) erhielten wir folgende Zahlen:

1. Auf chemischem Wege a) 92,63 bei 18°,0} Mittel:
gereinigtes Kupfer: b) 93,36 » 19 ,2 } 93,00 bei 18°,6.
2. Galvan. niedergeschlagenes Kupfer, nicht geschmolzen: a) 93,81 bei 19°,7} Mittel:
genes Kupfer, nicht b) 93,56 » 20 ,5 } 93,46 bei 20°,2.
geschmolzen: c) 93,00 » 20 ,4 }
3. Käufliches galvanoplastisches Kupfer, nicht geschmolzen: a) 92,24 bei 18°,0} Mittel:
b) 93,01 » 18 ,5 } 93,02 bei 18°,4.
c) 93,81 » 18 ,7 }
4. Dasselbe, in einem Porcellanrohr im Wasserstoffstrom geschmolz.: a) 92,22 bei 19°,3} Mittel:
b) 93,30 » 19 ,3 } 92,76 bei 19°,3.
5. Dasselbe, nach der unten beschriebenen Methode geschmolzen: a) 92,57 bei 17°,8} Mittel:
b) 93,40 » 17°,2 } 92,99 bei 17°,5.

Das Mittel aus diesen zwölf Bestimmungen giebt demnach für die Leitungsfähigkeit des Kupfers die Zahl:

93,08 bei 18°,9.

Da schon früher von Peltier¹⁾ beobachtet worden ist, dass Kupferdraht nach dem Glühen besser leitet als ungeglüht, so wiederholten wir diesen Versuch, indem ein aus galvanisch niedergeschlagenem, umgeschmolzenem Kupfer hart gezogener Draht bestimmt, in reinem Wasserstoffgas gebrüht, und dann wieder bestimmt wurde. Zwei Versuche bestätigten die Angabe Peltiers vollkommen:

- a) hart gezogen: 95,31 bei 11°,0,
nach dem Glühen: 97,83 " 11 ,0;
- b) hart gezogen: 95,72 " 11 ,0,
nach dem Glühen: 98,02 " 11 ,0.

Der Unterschied zwischen harten und gebrühten Drähten beträgt demnach beim Kupfer etwa 2,5 Proc. der Leistungsfähigkeit; weit grösser ist derselbe bei Silberdrähten, wie aus nachstehenden Zahlen hervorgeht:

- a) hart gezogen: 95,28 bei 14°,0,
nach dem Glühen: 103,98 " 14 ,8;
- b) hart gezogen: 95,36 " 14 ,6,
nach dem Glühen: 103,33 " 14 ,6.

Der Sauerstoff wird vom Kupfer (aller Wahrscheinlichkeit nach als Kupferoxydul) hartnäckig zurückgehalten, und es gelingt nicht, denselben durch Schmelzen mit Flussmitteln gänzlich aus dem Kupfer zu entfernen; sogar Wasserstoff, wenn er Stunden lang über geschmolzenes Kupfer geleitet wird, scheint den Sauerstoff nicht vollständig hinwegnehmen zu können. Auf der andern Seite nimmt das geschmolzene Kupfer an der Luft mit so grosser Energie Sauerstoff auf, dass es nicht möglich ist, beim Ausgießen des Metalls in die Formen Oxydation zu verhindern. Nach vielen vergeblichen Versuchen, um diesem Uebelstande vorzubeugen, gelangten wir endlich zu einer Methode, die eben so einfach als zweckentsprechend ist. In einem gut ziehenden Ofen wird eine Muffel eingemauert, deren Inneres nicht mit dem Feuerraum des Ofens in Verbindung steht, und deren Mündung durch die Thür des Ofens geschlossen wird. Durch das obere der in die Thür gehörten zwei Löcher

1) *Ann. de Chim. et Phys.* T. 56. p. 371.

ragt ein Verbrennungsrohr etwa einen Zoll weit in die Muffel hinein, und durch das untere ist eine irdene Pfeife mit langem Stiel bis an die hintere Wand der Muffel geschoben. Im Pfeifenkopfe, dem die Wölbung der Muffel als Deckel dient, liegt das Metall, während der Pfeifenstiel mit einem Wasserstoff-, das Verbrennungsrohr mit einem Kohlensäure-Apparat verbunden ist. Der Wasserstoff streicht durch Kali, salpetersaures Silber und concentrirte Schwefelsäure, die Kohlensäure wird durch kohlensaures Kali und concentrirte Schwefelsäure geleitet. Sobald das Kupfer¹⁾ geschmolzen ist, wirkt der Wasserstoff nicht allein auf die Oberfläche desselben ein, sondern er ist genötigt, Blase für Blase durch das Metall hindurchzustreichen, welches dadurch in fortwährender Bewegung erhalten und überall der Einwirkung des Gases ausgesetzt wird. Ist die zur Operation verlangte Zeit verstrichen, so löst man vom Wasserstoff-Apparat das Zuleitungsrohr ab, saugt das geschmolzene Metall vorsichtig in den Pfeifenstiel hinein und zieht die Pfeife aus der Muffel. Zerschlägt man nach dem Erkalten die Pfeife, so hat man das Metall schon in der Form eines Drahtes, der sich mit Leichtigkeit dünner ziehen lässt. Ein Blick auf die beigegebene Zeichnung wird die Art und Weise der Schmelzung deutlich machen. Fig. 2 Taf. VI stellt die Operation in vollem Gange dar, Fig. 3 zeigt die Form des Metalls nach beendigter Schmelzung. Zur Prüfung der Methode wurde das oben unter 3. angeführte Kupfer benutzt; es gab, nachdem es etwa eine halbe Stunde in geschmolzenem Zustande erhalten worden war, folgende Zahlen:

- | | | | |
|-----------|-----------------|---|--------------------------|
| <i>a)</i> | 92,57 bei 17°,8 | { | Mittel: 92,99 bei 17°,5. |
| <i>b)</i> | 93,40 " 17,2 | | |

Wir haben auf diese Weise nicht allein das Kupfer vor Einwirkung der atmosphärischen Luft geschützt, sondern auch dem oxydirten Kupfer den Sauerstoff entzogen. Ueberhaupt wurden alle Kupfersorten, die wir untersucht haben, nach

1) Es wurden zu jeder Schmelzung gewöhnlich etwa acht Gramm Kupfer genommen.

dieser Methode geschmolzen; nur bei Verbindung des Kupfers mit den Stoffen, die durch Wasserstoff hinweggeführt würden, wurde derselbe entweder durch Kohlensäure ersetzt oder das Metall nur eben zum Schmelzen gebracht und dann wiederholt umgeschmolzen.

Wir haben nicht versucht, die Menge des Sauerstoffs durch Analyse festzustellen; da die directen Bestimmungen desselben keine hinreichende Genauigkeit liefert haben würden'), und weil auch die Kupferbestimmungen immer noch mit zu grossen Fehlerquellen behaftet sind, als dass man bei einer verhältnismässig so geringen Menge von Sauerstoff denselben aus der gefundenen Quantität des Kupfers berechnen könnte. Wir führen daher nur die Zahlen für die Leistungsfähigkeit an, welche das Kupfer durch stufenweise Entziehung des Sauerstoffs angenommen hatte. Das auf chemischem Wege gereinigte Kupfer wurde mit etwas Borax und dann mit Kochsalz geschmolzen (jedoch ohne dass das Metall mit der Salzmasse bedeckt gewesen wäre) und in eine mit Oel eingeriebene Form von Messing ausgegossen. Es wurde hierauf im Wasserstoffstrom mehrere Stunden lang in einem Porcellanrohr geschmolzen, und nachdem es darin erkaltet war, eine halbe Stunde lang nach der oben beschriebenen Methode behandelt; es erhielt aber erst nach dreistündigem Schmelzen in dieser Weise eine Leistungsfähigkeit, welche mit der übereinstimmt, die wir für das auf galvanischem Wege dargestellte Kupfer gefunden hatten. Folgendes sind die Leistungsfähigkeiten der verschiedenen Stufen der Schmelzung:

1. Mit Borax und Koch- a) 69,44 bei 24°,2
salz, bei Zutritt der b) 69,38 » 23 ,5 Mittel:
Luft geschmolzen: c) 69,30 » 24 ,0 } 69,37 bei 23°,9

1) A. Dick, in seinen Beiträgen zur Metallurgie des Kupfers (*Phil. Mag.* Juni 1856), erhielt bei Anwendung verschiedener Methoden keine befriedigenden Resultate. Seine im Laboratorium von Professor Percy ausgeführten Versuche sind namentlich in Betreff des Stickstoff-Kupfers durch die unserigen vollkommen bestätigt worden.

2. Dasselbe im Porcel-

lanrohr im Wasser- a) 87,20 bei 18°,8} Mittel:
stoffstrom geschmol- b) 85,50 " 19 ,0} 86,35 bei 18°,9
zen:

3. No. 2 $\frac{1}{2}$ Stunde nach
der oben beschrie-
benen Methode ge-
schmolzen:

a) 89,32 bei 17°,0} Mittel:
b) 91,07 " 17 ,8} 89,60 bei 17°,4
c) 88,40 " 17 ,4

4. No. 2 drei Stunden a) 92,63 bei 18°,0} Mittel:
lang geschmolzen: b) 93,36 " 19 ,2} 93,00 bei 18°,6

Aehnliche Resultate gab galvanisch niedergeschlagenes
Kupfer, das zuvor mit etwas Kochsalz bei Zutritt der Luft
geschmolzen war, als es successive auf die angegebene
Weise vom Sauerstoff wieder befreit wurde:

1. Bei Zutritt der Luft
geschmolzen:

a) 73,20 bei 19°,2} Mittel:
b) 73,08 " 19 ,4} 73,32 bei 19°,5
c) 73,69 " 19 ,8

2. Dasselbe $\frac{1}{2}$ Stunde
nach der oben be-
schriebenen Methode
geschmolzen:

a) 76,27 bei 17°,6} Mittel:
b) 75,55 " 17 ,7} 75,73 bei 17°,7
c) 75,38 " 17 ,8

3. Dito 1 Stunde ge-
schmolzen:

a) 83,14 bei 16°,8} Mittel:
b) 82,25 " 17 ,0} 82,70 bei 16°,9

4. Dito $1\frac{1}{4}$ Stunde ge-
schmolzen:

a) 90,36 bei 19°,7} Mittel:
b) 91,00 " 19 ,7} 90,68 bei 19°,7

5. Dito 3 Stunden ge-
schmolzen:

a) 91,92 bei 18°,5} Mittel:
b) 92,76 " 18 ,1} 92,34 bei 18°,3

Es scheint hiernach die Bestimmung der elektrischen
Leistungsfähigkeit das sicherste Mittel zu sein, um in sonst
reinem Kupfer die Gegenwart von Sauerstoff nachzuweisen;
ferner erklärt es sich hieraus sehr einfach, warum die bis-
herigen directen Bestimmungen der Sauerstoffmenge so we-
nig befriedigende Resultate gaben.

Obgleich der Kohlenstoff nach Karsten¹⁾ bis zu 0,2
Proc. vom Kupfer aufgenommen wird, so gelang es uns
doch nicht, Drähte zu ziehen, die mehr als 0,05 Proc. Koh-

1) Schweigger's Journal für Chemie und Physik, Bd. 66, S. 395.

lenstoff enthalten hätten; aber schon diese geringe Menge genügt, um die Leistungsfähigkeit des Kupfers ziemlich bedeutend herabzudrücken. Galvanisch niedergeschlagenes Kupfer, welches in kleinen Stücken mit Kohle geschichtet und wiederholt damit umgeschmolzen wurde, ergab bei der Analyse einen Gehalt von 0,05 Proc. Kohlenstoff; die Leistungsfähigkeit war:

- a) 74,29 bei 18°,1 }
b) 75,53 " 18 ,5 } Mittel: 74,91 bei 18°,3.

Wir wollen nicht mit Bestimmtheit behaupten, daß der Kohlenstoff wirklich im Kupfer gelöst war; vielleicht konnte derselbe nur mechanisch darin vertheilt seyn.

Der Phosphor verändert die Eigenschaften des Kupfers in hohem Grade, auch wenn er nur in geringen Mengen demselben beigemischt ist; die Farbe ist gelblich, die Härte vergrößert sich außerordentlich, während die Festigkeit bedeutend verringert wird, und die Leistungsfähigkeit nimmt stärker ab, als bei irgend einer andern Verunreinigung. Das Phosphorkupfer war dargestellt, indem rother Phosphor auf geschmolzenes Kupfer geworfen, das Metall schnell abkühlt und noch ein- oder zweimal umgeschmolzen wurde. Die Menge des Phosphors wurde als phosphorsanre Magnesia bestimmt.

1. Kupfer mit 2,50 Proc.
a) 7,37 bei 17°,0 } Mittel:
cent Phosphor: b) 7,11 " 18 ,0 } 7,24 bei 17°,5
2. Kupfer mit 0,95 Proc.
a) 23,43 bei 22°,3 } Mittel:
cent Phosphor: b) 23,05 " 22 ,0 } 23,24 bei 22°,1
3. Kupfer mit 0,13 Proc.
a) 67,88 bei 20°,0 } Mittel:
cent Phosphor: b) 67,46 " 20 ,0 } 67,67 bei 20°,0

Schwefelkupfer scheint sich nicht in überschüssigem Kupfer aufzulösen, sondern sich nur mechanisch darin zu vertheilen. Obgleich wir nämlich in einem Draht bei der Analyse einen Gehalt von 0,18 Proc. Schwefel fanden, so war doch die Leistungsfähigkeit verhältnismäßig so wenig vermindert, daß wir diese Erniedrigung der Brüchigkeit der Drähte zuschreiben mussten. In Folge dessen wurde auch bei vier Be-

stimmungen keine hinreichende Uebereinstimmung erzielt, das Mittel derselben war 88,58 bei 19°,4.

Durch Selen oder Tellur wird das Kupfer überaus brüchig, es nimmt eine schmutzig graue Farbe und stark krystallinisches Gefüge an; wir waren daher nicht im Stande Drähte von Kupfer zu ziehen, welches nachweisbare Mengen der beiden Substanzen enthielt.

Wirft man Arsen auf geschmolzenes Kupfer, so wird es zum grössten Theil unter Zischen aufgenommen, der übrige Theil verbrennt oder verdampft. Schmilzt man diese Masse noch einmal um, so erhält man, schon bei sehr geringem Procentgehalt von Arsen, ein sehr hartes, etwas sprödes Metall von schmutzig grauer Farbe, das jedoch hinreichende Dehnbarkeit und Festigkeit besitzt, um sich zu Draht ziehen zu lassen. Es gelang uns, einen Kupferdraht mit 5,4 Proc. Arsen bis zu einer Dicke von 0,29 Millimeter im Durchmesser zu ziehen, und wir würden ihn noch dünner zu ziehen im Stande gewesen seyn, wenn uns feinere Ziehplatten zu Gebote gestanden hätten. Es steht dies mit neuerdings aufgestellten Behauptungen in Widerspruch, dass es nämlich unmöglich sey, dünne Kupferdrähte zu ziehen, in denen eine erhebliche Menge Arsen enthalten. — Das Arsen wurde als arsensaure Ammoniak-Magnesia bestimmt, bei einer Probe aber nur qualitativ im Marsh'schen Apparat nachgewiesen. Die nachfolgenden Zahlen zeigen, dass die Leistungsfähigkeit des Kupfers durch Arsen in einer ebenso überraschenden Weise als durch Phosphor erniedrigt wird.

1. Kupfer mit 5,40 Pro- a) 6,17 bei 16°,7} Mittel:
cent Arsen: b) 6,19 " 17 ,0} 6,18 bei 16°,8
2. Kupfer mit 2,80 Pro- a) 12,97 bei 18°,8} Mittel:
cent Arsen: b) 13,38 " 19 ,4} 13,14 bei 19°,1
3. Kupfer mit noch gerin- a) 57,72 bei 19°,5} Mittel:
gerer Menge Arsen: b) 57,89 " 19 ,9} 57,80 bei 19°,7

Die mehrfach angeführten Beobachtungen ¹⁾), dass glühendes oder geschmolzenes Kupfer Ammoniakgas unter Bildung

¹⁾ Gmelin, Bd. 3, S. 416.

von Stickstoffkupfer zersetze, welche indessen schon von Schröter bestritten und von Dick widerlegt worden sind, veranlassten uns, auch in dieser Richtung einen Versuch anzustellen. Ein Draht von reinem Kupfer, dessen Leitfähigkeit bestimmt war, wurde eine Viertelstunde lang in einem Verbrennungsrohr geglättet, während ein Strom trocknen Ammoniakgases darüber geleitet wurde; nach dem Erkalten hatte sich weder das äußere Ansehen, noch seine Ductilität geändert, auch die Leitfähigkeit war dieselbe geblieben. Es scheint also, dass bei den früheren Versuchen entweder sauerstoffhaltiges Kupfer, oder nicht vollständig reines Ammoniak angewandt worden war.

Silicium und Bor, auf geschmolzenes Kupfer geworfen und wiederholt damit umgeschmolzen, vereinigen sich nicht mit demselben und werden nicht davon aufgelöst.

Die Beeinträchtigung der elektrischen Leitfähigkeit des reinen Kupfers durch geringe Mengen fremder Metalle ist nicht ganz so bedeutend, als der Einfluss, den die Metalloide darauf ausüben; jedoch bewirken namentlich das Eisen und Zinn eine sehr starke Erniedrigung der Leitfähigkeit. Die Metalle wurden mit dem Kupfer nach der oben beschriebenen Methode legirt, welche hier besonders den Vortheil gewährt, dass durch die unaufhörliche Bewegung des geschmolzenen Metalls eine möglichst vollständige Mischung erzielt wird.

Die Mengen der mit dem Kupfer legirten Metalle wurden analytisch bestimmt.

1. Kupfer mit 3,20 Pro- a) 56,96 bei 10°,0} Mittel:
cent Zink: b) 57,01 " 10 ,6} 56,98 bei 10°,3
2. Kupfer mit 1,60 Pro- a) 76,25 bei 15°,2} Mittel:
cent Zink: b) 76,45 " 16 ,4} 76,35 bei 15°,8
3. Kupfer mit Spuren a) 85,67 bei 18°,0} Mittel:
Zink: b) 84,43 " 20 ,0} 83,05 bei 19°,0
4. Kupfer mit 1,06 Pro- a) 27,44 bei 14°,2} Mittel:
cent Eisen: b) 26,46 " 12 ,0} 26,95 bei 13°,1
5. Kupfer mit 0,48 Pro- a) 34,40 bei 11°,0} Mittel:
cent Eisen: b) 34,72 " 11 ,4} 34,56 bei 11°,2

6. Kupfer mit 4,90 Pro- a) 19,35 bei 14°,8} Mittel:
cent Zinn: b) 19,60 " 14 ,6} 19,47 bei 14°,4
7. Kupfer mit 2,52 Pro- a) 32,49 bei 17°,0} Mittel:
cent Zinn: b) 32,79 " 17 ,2} 32,64 bei 17°,1
8. Kupfer mit 1,33 Pro- a) 48,76 bei 16°,8} Mittel:
cent Zinn: b) 48,28 " 16 ,8} 48,52 bei 16°,8
9. Kupfer mit 2,45 Pro- a) 80,01 bei 19°,6} Mittel:
cent Silber: b) 79,21 " 19 ,8} 79,38 bei 19°,7
c) 78,93 " 19 ,8}
10. Kupfer mit 1,22 Pro- a) 87,61 bei 20°,6} Mittel:
cent Silber: b) 86,65 " 20 ,6} 86,91 bei 20°,7
c) 86,46 " 21 ,0}
11. Kupfer mit 3,50 Pro- a) 65,10 bei 18°,0} Mittel:
cent Gold: b) 65,80 " 18 ,2} 65,36 bei 18°,1
c) 66,00 " 18 ,1}

Wir vermochten nicht einen Draht von reinem Kupfer zu ziehen, in dem nur Spuren von Blei enthalten waren, da dies augenscheinlich das Kupfer vollkommen mürbe und brüchig macht. In Gmelin's Handbuch ist ebenfalls angegeben, dass Kupfer mit nur 0,1 Proc. Blei weder zu feinem Draht gezogen, noch in dünnes Blech ausgewalzt werden kann. Da nun aber in Kupferschmelzereien eine geringe Quantität Blei dem Kupfer zugefügt wird, um es dehnbarer und zäher zu machen, so nimmt man an, dass durch Hinzufügung von Blei das vorhandene Kupferoxydul reduciert werde. Indessen wurde nach den Analysen von J. Napier (*Philos. Mag. Vol. 5. p. 488*) stets Blei gefunden, wo es hinzugefügt worden war, und zwar oft in Mengen gleich dem Betrage des Hinzugefügten. Wir haben daher in dieser Richtung einige Versuche angestellt.

Es wurde zu Kupfer, das bei Zutritt von Luft geschmolzen war, 0,1 Proc. Blei oder Zinn hinzugesetzt, und die Legirung in der Tabakspfeife in einer Kohlensäureatmosphäre geschmolzen. Die Bestimmung der elektrischen Leitungs-fähigkeit ergab folgende Zahlen:

1. Leistungsfähigkeit des angewandten Kupfers:
 a) 83,44 bei $13^{\circ},0$
 b) 84,45 " 13 ,6 } 83,94 bei $13^{\circ},3$
2. Nach Zusatz von 0,1
 a) 89,55 bei $12^{\circ},0$
 Proc. Blei: b) 89,42 " 13 ,8 } 89,49 bei $12^{\circ},9$
- 3) Nach Zusatz von 0,1
 a) 90,00 bei $14^{\circ},0$
 Proc. Zinn: b) 89,80 " 14 ,0 } 89,90 bei $14^{\circ},0$
- 4) Dasselbe wiederholt:
 a) 91,27 bei $13^{\circ},8$
 b) 90,65 " 14 ,0 } 90,96 bei $13^{\circ},9$

Die beim Kupfer zurückbleibende Menge des Blei's oder Zinn's war so gering, dass es unmöglich war, dieselbe quantitativ zu bestimmen. Die Versuche beweisen indefs, dass durch Zusatz von Blei etc. zu suboxydhaltigem Kupfer ein wirklich reineres Metall erhalten wird; und wir können aus dem Vorstehenden den Schluss ziehen, *dass keine Kupferlegirung existirt, welche die Elektricität besser leitet, als reines Kupfer.*

Es mögen hier auch die Bestimmungen eine Stelle finden, welche mit mehreren Kupfersorten des Handels ausgeführt wurden, und zwar mit Drähten, die in Wasserstoffgas ge-glüht waren.

1. Spanisches Kupfer a) 13,57 bei $14^{\circ},7$
 (Rio Tinto): b) 13,73 " 14 ,9 } 13,65 bei $14^{\circ},8$
 2. Russisches Kupfer a) 57,34 bei $12^{\circ},0$
 (Demidoff): b) 57,92 " 13 ,5 } 57,63 bei $12^{\circ},7$
 3. Englisches Kupfer a) 68,24 bei $17^{\circ},2$
 (Garkupfer) b) 68,24 " 17 ,4 } 68,24 bei $17^{\circ},3$
 4. Dito (s. g. Bright copper) a) 69,56 bei $15^{\circ},0$
 b) 69,29 " 16 ,4 } 69,42 bis $15^{\circ},7$
 5. Dito auserlesenes a) 78,41 bei $14^{\circ},0$
 b) 77,80 " 14 ,5 } 78,10 bei $14^{\circ},2$
 6. Australisches Kupfer a) 85,20 bei $14^{\circ},0$
 (Burra Burra) b) 85,96 " 14 ,0 } 85,58 bei $14^{\circ},0$
 7. Amerikanisches Kupfer (Lake Superior) a) 89,63 bei $15^{\circ},0$
 b) 88,57 " 15 ,0 } 89,10 bei $15^{\circ},0$
- Das spanische Kupfer No. 1 enthielt neben Kupferoxydul und Spuren von Blei, Eisen, Nickel etc. auch 2 Proc.

Arsen. Ohne Zweifel ist der Gegenwart dieses letzteren Körpers die geringe Leistungsfähigkeit des spanischen Kupfers zuzuschreiben.

No. 2, das russische Kupfer, enthielt Spuren von Arsen, Eisen, Nickel und Kupferoxydul; auch hier kann das Arsen als Hauptursache der geringen Leistungsfähigkeit betrachtet werden.

In No. 3 wurden Spuren von Blei, Eisen, Nickel, Antimon und Kupferoxydul gefunden.

No. 4 enthielt Spuren von Eisen, Nickel, Blei und Kupferoxydul.

In No. 5 waren Spuren von Eisen, Nickel, Antimon und Kupferoxydul enthalten.

In No. 6, dem australischen Kupfer, konnten nur Spuren von Eisen und Kupferoxydul nachgewiesen werden.

In No. 7, dem amerikanischen Kupfer, wurden Spuren von Eisen, Silber (0,03 Proc.) und Kupferoxydul gefunden.

Als die Ursache der Verschiedenheit in den Leistungsfähigkeiten obiger Kupfersorten muß natürlich der verschiedene Gehalt an Verunreinigungen betrachtet werden; da aber, wie schon früher angeführt, keine Methode für genaue quantitative Bestimmung des Kupferoxyduls bekannt ist, und da letzteres in allen Kupfersorten gefunden wurde, so schien es nutzlos, die übrigen Verunreinigungen quantitativ zu bestimmen, zumal die Erniedrigung der Leistungsfähigkeit durch Oxydul, wie oben nachgewiesen, in manchen Fällen gleich 28 Proc. seyn kann.

Schliefslich möchten wir noch die Aufmerksamkeit Derer, welche in der gleichen Richtung beschäftigt sind, auf folgende Punkte richten:

- 1) auf die Wichtigkeit der Angabe, ob die Drähte hart gezogen oder in geglühtem Zustande angewandt wurden, da es in manchen Fällen einen sehr bedeutenden Unterschied in den gefundenen Werthen macht;
- 2) auf den Einfluss der Temperatur auf die Leistungsfähigkeit. Da wir nur in wenigen Fällen die Temperatur angegeben finden, bei der die Beobachtungen angestellt

wurden, so wird eine genaue Vergleichung der Resultate von verschiedenen Beobachtern unmöglich.

Wir beabsichtigen in weiterer Verfolgung dieses Gegenstandes zu untersuchen, ob die Unterschiede in hart gezogenen und geglühten Drähten auch bei verschiedenen Temperaturen sich finden.

IV. Zur Theorie der Strömungen des Meeres und der Atmosphäre; von Dr. Ohlert in Elbing.

I.

Ich beabsichtige in diesem Aufsatz einige neue Ansichten, die in die Theorie der Strömungen des Meeres und der Atmosphäre einschlagen, zu entwickeln. Dabei werde ich, um nicht durch Zerstückelung des Zusammenhangs unverständlich zu werden, nicht umhin können, manche ganz bekannte Aufstellungen zu erwähnen, an welche sich das anknüpft, was ich als noch nicht hervorgehoben, oder als meine abweichende Ansicht beibringen möchte. Natürlich werde ich mich in diesem Falle möglichster Kürze befleissigen und in Betreff der etwa wünschenswerth erscheinenden weiten Ausführungen auf die Quellen verweisen.

Allgemein bekannt ist die Einwirkung, welche die tägliche Drehung der Erde in der Richtung von Westen nach Osten auf irgend einen längs ihrer Oberfläche bewegten materiellen Punkt ausübt. In Folge derselben wird jede Bewegung von den Polen nach dem Aequator hin, jemehr sie sich denselben nähert, desto mehr nach Westen hingelenkt, wogegen jede vom Aequator einem der beiden Pole zustrebende Bewegung um so östlicher wird, jemehr sie in höhere Breiten gelangt zu Gegenden der Erde, denen die tägliche Drehung durch einen nur kleinen Parallelkreis eine geringere Geschwindigkeit in west-östlicher Richtung mittheilt. Wirklich in Rechnung gezogen ist dieser Einfluss der Axendrehung der Erde auf einen durch einen einmaligen

Impuls längs der Erdoberfläche in Bewegung gesetzten Körper in der Abhandlung:

»*Ueber die Bahnlinien der Winde auf der sphäroidischen Erdoberfläche; von v. Baeyer, Generalmajor von der Armee*« (Pogg. Annal. 1858, 7. Heft).

Ich hebe aus derselben die für meinen Zweck nothwendigen Aufstellungen heraus, sie diesem gemäfs modifizirend und in einigen Einzelheiten berichtigend.

Die aufzustellenden Formeln beziehen sich auf die Bewegung irgend eines materiellen Punktes auf der Oberfläche der rotirenden Erde, der in beliebiger Richtung einen einmaligen Impuls erhalten hat, sind also gleicher Weise auf Strömungen der Luft wie des Wassers anwendbar. Doch stellen sie offenbar nur für sogenannte Stofswinde und die in ähnlicher Art wirkenden Meereströmungen die Bahnen annähernd dar; auf die Saugewinde, jenes Zuströmen der dichteren Luft nach einem von dünnerer Luft erfüllten Raume hin, sind diese Erwägungen nicht zutreffend. Der Einfluss des widerstehenden Mittels, in welchem die Bewegung vor sich geht, so wie alle übrigen störenden Einwirkungen bleiben bei dieser Betrachtung unberücksichtigt.

Ich werde im Folgenden die wirkliche Gleichung der Bahn aufstellen, was von dem Verfasser nicht geschehen ist, dabei aber von der Abweichung der Erde von der Kugelgestalt ganz absehen. Die daraus hervorgehenden Aenderungen der Bahn sind so unbedeutend, daß es nur ein theoretisches Interesse gewähren kann, sie in Betracht zu ziehen.

Ich bediene mich im Allgemeinen der Bezeichnungen des Verfassers: »Das Spiel des Windes läßt sich zurückführen auf eine Nord- oder Südströmung und den Rotationsunterschied zwischen Erde und Atmosphäre« Die Geschwindigkeit des bewegten Punktes in der Richtung des Meridians heifse *M*, und werde vom Aequator nach dem Nordpol gerichtet angenommen (die entgegengesetzte Richtung von Nord nach Süd also natürlich negativ). Die der Atmosphäre (oder überhaupt dem bewegten Punkte) selbst zukommende Bewegung in der Richtung von West nach Ost bezeichnet

der Verfasser mit A , die Rotationsgeschwindigkeit der Erde an der betreffenden Stelle mit E . Sie ist offenbar von der geographischen Breite β abhängig, und wenn man die Rotationsgeschwindigkeit unterm Aequator c nennt, $= c \cdot \cos \beta$. Bezeichnet man noch die wirklich sich ergebende Geschwindigkeit längs der Erdoberfläche mit Q und das Azimuth der Richtung, aus welcher der Wind kommt, von Norden über Osten etc. von 0° bis 360° gezählt, mit α , das Azimuth der Richtung, nach welcher der Wind hinweht, also mit $180 + \alpha$, so ergeben sich offenbar folgende Gleichungen:

$$1) \quad A - c \cdot \cos \beta = Q \sin(180 + \alpha) \text{ und} \\ M = Q \cos(180 + \alpha).$$

Daraus 2) $\operatorname{tg}(180 + \alpha) = \frac{A - c \cdot \cos \beta}{M}$,

$$3) \quad Q^2 = (A - c \cdot \cos \beta)^2 + M^2.$$

Um nun hiernach die Bewegung eines Lufttheilchens zu bestimmen, nehme man an (Taf. I Fig. 5), dasselbe befindet sich zur Zeit t in dem Punkte der Erdoberfläche B . Es sei P der Pol, AQ der Aequator, PA der Nullmeridian. Der Punkt B sey bestimmt durch die Breite $BC = \beta$ und die Länge $AC = \lambda$.

Nach Verfluss des sehr kleinen Zeitrauns dt befindet sich das Lufttheilchen in D und habe die Breite $DE = \beta + d\beta$, die Länge $AE = \lambda + d\lambda$. Legt man noch durch B den Bogen des Parallelkreises BF , so ist offenbar

$$4) \quad DF = d\beta = M \cdot dt \text{ und} \\ BF = CE \cdot \cos \beta = d\lambda \cdot \cos \beta.$$

Es muss aber auch

$BF = (A - c \cdot \cos \beta) dt$ sein, weil die Geschwindigkeit in westöstlicher Richtung $= A - c \cdot \cos \beta$ ist. Also hat man

$$5) \quad d\lambda \cdot \cos \beta = (A - c \cdot \cos \beta) dt.$$

Die Gleichung 4) giebt integriert:

6) $Mt = \beta - \beta_0$, wo β_0 die Breite ist, unter welcher sich der Punkt zur Anfangszeit t_0 befand.

Eliminiert man ferner dt aus 4) und 5), so erhält man als Differentialgleichung der Bahulinie:

$$7) M \cdot d\lambda = \frac{A - c \cdot \cos \beta}{\cos \beta} \cdot d\beta = \frac{A}{\cos \beta} \cdot d\beta - c \cdot d\beta,$$

welche durch Integration ergibt:

$$8) M(\lambda - \lambda_0) = A \cdot r \cdot l \left[\frac{\operatorname{tg}(45^\circ + \frac{1}{2}\beta)}{\operatorname{tg}(45^\circ + \frac{1}{2}\beta_0)} \right] - c \cdot [\beta - \beta_0].$$

(Es bezeichnet hierbei l den natürlichen Logarithmus, r den Erdradius. Wo β und λ als Bogen vorkommen, sind es die rectificirten Bogen, in demselben Maafs, etwa in Toisen, gemessen, wie A , M , c , r .)

Bei der Discussion der eben aufgestellten Formeln will ich zunächst nur die nördliche Halbkugel in Betracht ziehen; die theilweise Umkehrung der Resultate für die entgegengesetzte Halbkugel ist in jedem Falle leicht auszuführen.

Findet zunächst eine Strömung vom Äquator nach dem Nordpol statt, so ist M positiv, mithin muß die Breite β wachsen und in jedem Punkte der Bahn größer seyn als die Breite des Anfangspunktes β_0 .

Haben wir es nun mit einem Westwind zu thun, für welchen $A > c \cdot \cos \beta_0$ ist, so bleibt der Ausdruck $A - c \cdot \cos \beta$ positiv und wächst um so mehr, je längere Zeit die Strömung dauert; es wird daher die Richtung immer östlicher (siehe 2.), die Geschwindigkeit immer größer (siehe 3.). Ist dagegen die Anfangsrichtung des Windes eine westliche, so ist $A < c \cdot \cos \beta_0$. Wenn aber mit der Zeit die Breite β wächst, also $c \cdot \cos \beta$ kleiner und kleiner wird, so wird endlich einmal A gleich $c \cdot \cos \beta$ werden. Dann wird $\operatorname{tg}(180 + \alpha) = 0$, die Richtung der Strömung geht genau von Süden nach Norden, und ihre Geschwindigkeit Q ist in diesem Augenblick = M . Von da ab geht das Zeichen der $\operatorname{tg}(180 + \alpha)$ in das dem früheren entgegengesetzte über, und der Wind ist von West nach Ost gerichtet. Den wichtigen Punkt der Windbahn, in welchem diese Umkehr der Richtung stattfindet, nennt der Verfasser *Wendepunkt*, wobei natürlich nicht an den gewöhnlich von den Mathematikern so genannten Curvenpunkt zu denken ist, in welchem die Curve aus einer gegen die Tangente concaven eine convexe, oder umgekehrt, wird.

Die Breite B eines solchen Wendepunkts ergiebt sich aus der Gleichung:

$$9) \cos B = \frac{A}{c}.$$

Da sich indefs A nicht direct beobachten lässt, sondern nur die Geschwindigkeit Q und das Azimuth der Richtung α für irgend einen bestimmten Punkt der Erdoberfläche, so ist es zweckmäßig, B durch diese letzteren Bestimmungsstücke auszudrücken. Sehen wir daher den Punkt, an welchem die Beobachtung gemacht wird, als Anfangspunkt an, bezeichnen also seine Breite mit β_0 , die zugehörigen Größen mit Q_0 , α_0 , so erhält man, da

$A - c \cdot \cos \beta_0 = Q_0 \sin (180 + \alpha_0)$ ist, die Breite des Punktes der Bahn, in welchem die Richtung des Windes sich wenden wird, durch die Formel:

$$10) \cos B = \frac{c \cdot \cos \beta_0 + Q_0 \sin (180 + \alpha_0)}{c}.$$

(Das zweite Glied des Zählers ist für einen nach Westen gerichteten Wind negativ, mithin dann $\cos B < \cos \beta_0$, also $B > \beta_0$, daher ist im weiteren Verlaufe der Bahn ein Wendepunkt zu erwarten. Bei einem nach Osten gerichteten Winde dagegen ist das zweite Glied positiv, $\cos B > \cos \beta_0$, mithin $B < \beta_0$. Ein Wendepunkt hat also, wenn damals die Strömung schon herrschte, in einer früheren Zeit stattgefunden, kann aber in der Folge nicht mehr eintreten.)

Die Länge des Wendepunktes und die Zeit, zu welcher der bewegte Punkt dahin gelangt, werden erhalten, wenn man den für B gefundenen Werth in die Gleichungen 6) und 8) einsetzt.

In dem Theile der Bahn bis zum Wendepunkt wird die Richtung mehr und mehr eine süd-nördliche (im Wendepunkt selbst genau nach Norden weisend), wobei die Geschwindigkeit mehr und mehr bis zur Grösse $Q = M$ abnimmt. Von da an ist der Verlauf ganz wie bei dem vorher schon charakterisierten Südwestwind.

In Bezug auf diese vom Aequator nach dem Pol gerichteten Strömungen hat der Verfasser der angeführten Ab-

handlung eine irrtümliche Ansicht ausgesprochen, daß nämlich der bewegte Punkt den Pol nie erreichen könne. Da die Bewegung in der Richtung des Meridians durch nichts gestört immer gleichmäßig mit der Geschwindigkeit M erfolgt, so muß der Theorie nach der Pol allerdings erreicht werden, und zwar in einer Zeit

$$11) \quad T = \frac{90^\circ - \beta_0}{M}.$$

Allerdings wird der zur Breite $\beta = 90^\circ$ gehörige Längenunterschied $\lambda - \lambda_0$ unendlich groß, da (siehe 8) für den Werth $\beta = 90^\circ$ die $\operatorname{tg}(45^\circ + \frac{1}{2}\beta)$ und mithin auch der Logarithmus derselben unendlich groß ist. Dies Ergebniss der Formel muß aber offenbar so gedeutet werden, daß das bewegte Lufttheilchen, bis es zum Pol gelangt, unendlich oft denselben umkreist haben muß, daß also in der nächsten Nähe des Pols eine äußerst schnelle Wirbelbewegung stattfindet. Ob dies sich wirklich so verhalte, wage ich freilich nicht zu behaupten, da die Ergebnisse der Theorie durch wichtige Umstände, die nicht in Rechnung gezogen wurden, vielleicht beträchtlich modifizirt werden.

Ich wende mich nun zur Betrachtung der Polarströmung, für welche M negativ ist. In diesem Falle wird die Breite β im Laufe der Zeit immer kleiner, $\cos \beta$ also immer größer.

Wenn daher der Wind ein Ostwind ist ($A < c \cdot \cos \beta_0$), so bleibt A für jedes im Verlauf der Bahn erreichte β kleiner als $c \cdot \cos \beta$; die Tangente des Azimuths der Richtung, $\operatorname{tg}(180^\circ + \alpha)$, behält also immer dasselbe Vorzeichen und zwar das Vorzeichen $+$, da Zähler und Nenner beide negativ sind. Der Wind bleibt daher ein Ostwind, und seine Richtung wird nach und nach immer westlicher; dabei nimmt seine Geschwindigkeit immer mehr und mehr zu.

Bei einem vom Pol nach dem Aequator strömenden Westwind ist $A > c \cdot \cos \beta_0$. Da aber $c \cdot \cos \beta$ nach und nach wächst, kann ein Zeitpunkt eintreten, wo $A = c \cdot \cos \beta$ wird. Die Richtung der Strömung wird dann eine südliche, und geht von diesem Wendepunkt an in die entgegengesetzte Richtung von Ost nach West über. Von da an ist

der ganze Verlauf gleich dem des früher geschilderten Nordostwindes.

Die Breite des Wendepunkts bestimmt sich auch hier nach Formel 10). Es kann aber der Fall eintreten, daß der Werth für $\cos B$ größer als 1 ist, mithin die Bahncurve keinen Wendepunkt bildet.

Die gefundenen Resultate lassen sich, wobei immer nur von der nördlichen Halbkugel die Rede ist, mithin kurz so zusammenstellen:

Der Nordost- und der Südwestwind behalten im Verlauf ihrer Bahn diese ihre Richtung im Ganzen bei, wobei beide mehr und mehr sich der Richtung der Parallelkreise nähern, ohne jemals ganz damit zusammenzufallen, und an Stärke zunehmen.

Der Südost und der Nordwest gehen anfangs mit abnehmender Stärke mehr und mehr in die Richtung der Meridiane über, werden an einer Stelle ihrer Bahn, dem Wendepunkt, reine Süd- oder Nordwinde und verfolgen von da an den Verlauf der eben charakterisierten Südwest- oder Nordostwinde.

Schon hieraus erklärt sich also das entschiedene Vorwalten der Südwest- und Nordostwinde, der gewissermaßen normalen Richtung der Aequatorial- und der Polarströmung.

Wie diese Ergebnisse der Betrachtung sich für die entgegengesetzte Halbkugel ändern, ist leicht ersichtlich.

Es bleibt nur noch übrig, die Windbahnen über den Aequator hinaus aus einer Halbkugel in die andere zu verfolgen: Ein auf der nördlichen Halbkugel entstandener Nordost wird, wenn er als ein noch etwas südlich gerichteter Ost bis zum Aequator gelangt ist, ihn natürlich durchschneiden und von nun an dem Südpol zustreben. Aber da von jetzt an die Breite wieder zunimmt, wird die Richtung sich nach und nach mehr der des Meridians nähern. Die Windbahn wird also auf beiden Seiten des Aequators ihm ihre convexe Seite zukehren, und es findet daher an der Stelle, wo dieselbe den Aequator schneidet, ein wirklicher Wendepunkt, nach der Definition, die die Mathematik

davon giebt, statt. Die Fortsetzung der Bahn auf der südlichen Halbkugel hat dann ganz den Verlauf eines gewöhnlichen Nordostwindes der südlichen Halbkugel, entsprechend dem Südostwind der nördlichen Halbkugel, wie er im Obigen geschildert wurde, und wendet sich also später nach Osten zurück.

Ganz analog ist die Bahn eines Südost's der südlichen Halbkugel, welcher den Aequator schneidet und auf die nördliche Halbkugel übergeht. Da dieser Fall ein praktisches Interesse hat, hebe ich hervor, dass mithin ein solcher Südost einige Grade nördlich vom Aequator zu einem Süd oder gar einem Südwest geworden seyn kann.

Ein an einem gewissen Punkt der nördlichen Halbkugel entstehender Nordwest wird, wie wir im Vorigen gesehen haben, im Allgemeinen auf dieser Halbkugel umbiegen und in einen Nordost übergehen. Ist dies aber nicht der Fall (wenn $A > c$ ist, siehe 9), so ist um so mehr nach dem Durchgang durch den Aequator $A > c \cdot \cos \beta$, der Wind bleibt ein Westwind und wird im Laufe der Zeit sich immer mehr dem reinen Westwind nähern. Auch in diesem Falle ist unterm Aequator ein Wendepunkt im mathematischen Sinne, auf beiden Seiten vom Aequator ist die concave der Seite der Curve ihm zugekehrt.

Symmetrisch nach der entgegengesetzten Seite gerichtet ist die Bahn eines Südwest der südlichen Halbkugel, der als ein solcher den Aequator durchschneidet.

Wenn wir übrigens nur die Gestalt der Bahncurven betrachten, in ihrem ganzen Verlauf längs der Erdoberfläche, ohne auf Anfangszeit und Anfangspunkt der Bewegung zu rücksichtigen, so lassen sich die im einzelnen erhaltenen Resultate leicht in folgender Art übersichtlich zusammenfassen:

Die Gleichungen 1) 2) 3) ergeben, dass für gleiche nördliche und südliche Breite sowohl Richtung, als Geschwindigkeit des Windes einander gleich sind, die Bahn liegt also symmetrisch zu beiden Seiten des Aequators. Am Aequa-

tor selbst findet ein mathematischer Wendepunkt statt. Wenn M sein Zeichen ändert, bleibt die Geschwindigkeit dieselbe und das Azimuth der Richtung verwandelt sich in sein Supplement. Die Bahncurven sind ihrer Gestalt nach dieselben, den vorigen symmetrisch, so dass rechte und linke Seite sich gegenseitig vertauschen. Ich betrachte daher nur die Bahnen für ein positives M , wo also die Bewegung vom Aequator nach dem Nordpol, oder, da wir auch den früheren Verlauf der Bahn in Betracht ziehen, vom Südpol nach dem Nordpol gerichtet ist.

Dann ist die Gestalt der Bahn nur wesentlich verschieden, je nachdem A größer oder kleiner als c ist. Ist nämlich $A > c$, so ist es auch $> c \cdot \cos \beta$, was auch β für einen Werth annehme; eine Umkehr der Richtung kann daher niemals stattfinden. Der Verlauf der Curve wird (Fig. 6 Taf. I) durch die Linie I—I dargestellt. Ist aber $A < c$, so muss es irgend eine Breite B auf beiden Seiten des Aequators geben, für welche $A = c \cdot \cos B$ ist. An diesen Stellen ändert die Bahn ihre Richtung, es sind die vom Verfasser so genannten Wendepunkte. Die ungefähre Gestalt der Bahn ist in derselben Figur von II bis II verzeichnet. Die Wendepunkte sind mit WW bezeichnet. Bei beiden Bahnen geben die Pfeile die Richtung der Bewegung an, die stärkere Auszeichnung der Linien soll die Zunahme der Geschwindigkeit andeuten.

Der besondere Fall, wo $A = c$ ist, unterscheidet sich nicht wesentlich von dem ersten Fall (Linie I—I); nur schneidet die Bahnlinie den Aequator unter rechtem Winkel. Die symmetrischen Gestalten der Windbahnen, wenn die Richtung der Bewegung von Nord nach Süd geht, zeigt Fig. 7 Taf. I.

Inwieweit die entwickelten Formeln den wirklichen Verlauf der Erscheinung darstellen, lässt sich zur Zeit wohl nicht genügend prüfen, weil keine Angaben über den Lauf des Windes existiren, welche die nothwendigen Elemente, namentlich die Geschwindigkeit, mit der erforderlichen Ge-

nauigkeit angeben. Trotzdem wird eine ungefähre Schätzung der numerischen Resultate von Interesse seyn:

Wenn $A = c$ ist, so geht die Formel 3) für Q^2 in folgende über:

$$Q^2 = 4c^2 \sin^2 (\frac{1}{2}\beta) + M^2.$$

Dies ergibt z. B. für die Breite $\beta = 60^\circ$, da $\sin \frac{1}{2}\beta = \frac{1}{2}$ ist: $Q^2 = \frac{1}{4}c^2 + M^2$, mithin Q jedenfalls grösser als $\frac{1}{2}c$. Noch grösser wird Q offenbar unter dieser Breite, wenn $A > c$ ist. Da nun c , die Rotationsgeschwindigkeit der Erde unterm Aequator beinahe 1500 Fufs in der Sekunde beträgt, so würde dies für alle solche Winde (I—I der Figur) eine Geschwindigkeit von über 700 Fufs in der Sekunde ergeben, etwa viermal so gross als die wirklich beobachtete Geschwindigkeit der allerheftigsten Stürme.

Wahrscheinlich kommen also Winde, welche eine derartige Bahn beschreiben, überhaupt nicht vor; mit andern Worten: die hier gemachte Annahme, als befände sich unterm Aequator Luft, deren Geschwindigkeit in ost-westlicher Richtung = o sey, oder die gar eine Bewegung in der Richtung von West nach Ost habe, scheint unstatthaft zu seyn.

Aber selbst bei den Winden der zweiten Art (II—II), wo die Richtung der Bewegung unterm Aequator von Ost nach West geht, wo erst von dem in einer gewissen Breite liegenden Wendepunkt an die Geschwindigkeit sich zu steigern beginnt, erreicht sie in den meisten Fällen bald eine Grösse, die weit über die erfahrungsmässige Stärke des Windes hinausgeht. Wenn z. B. der Wendepunkt unter dem 30sten Grad der Breite liegt, wo also $A = c \cdot \cos 30^\circ$ ist, so wird unterm 60sten Grad der Breite

$$Q^2 = c^2 (\cos 30^\circ - \cos 60^\circ)^2 + M^2, \text{ mithin}$$

$$Q > c (\frac{1}{2}\sqrt{3} - \frac{1}{2})$$

$$Q > c \cdot 0,366 \dots$$

Wir sehen hieraus, dass die Geschwindigkeit eines der Art bewegten Lufttheilchens durch verschiedentliche Einwirkungen sehr beträchtlich verzögert wird, wie sich das

auch der Natur der Sache nach nicht anders erwarten lässt. Aber diese Einwirkungen müssen ganz gleicherweise auch auf die Componente der Bewegung in der Richtung des Meridians wirken, und wenn nun die Erfahrung in Bezug auf diese nicht in demselben Maafse eine Verzögerung nachweist, wenn die Geschwindigkeit in der Richtung des Meridians etwa gleichmäßig bleibt, oder vielleicht gar zunimmt: so muss man, wie mir scheint, daraus den Schluss machen, dass in dieser Richtung eine stetig wirkende Kraft vorhanden sein muss, welche jener Verzögerung entgegenwirkt. Ich werde auf diese Bemerkung in der Folge noch zurückkommen.

Endlich will ich, ohne mich vorläufig auf eine Erklärung dieses Verhaltens einzulassen, hier nur darauf aufmerksam machen, dass bei den Wirbelstürmen das Centrum des Wirbels bei seinem Vorrücken genau eine solche Bahn einschlägt, wie unsere Formeln sie gewissen bewegten Lufttheilchen vorschreiben. Bei den Bahnen der westindischen Wirbelstürme z. B. geschieht das Vorrücken des Wirbels (nicht die Bewegung der Luft innerhalb desselben) genau in den Bahnen eines Südostwindes der nördlichen Halbkugel. (Ich verweise in dieser Hinsicht auf das Werk von Dove: »Ueber das Gesetz der Stürme.« Besonderer Abdruck aus des Verfassers »Klimatologischen Beiträgen«, Berlin bei Reimer 1857 und die beigelegte Karte II.)

Der Wendepunkt der Bahn, das schnellere Fortschreiten in der Richtung nach Osten, nachdem derselbe passirt ist, alles lässt die Wege des Wirbelcentrums genau den oben charakterisierten Windbahnen gleich erscheinen.

II.

Wir haben gesehen, wie die Drehung der Erde den längs ihrer Oberfläche dahingleitenden Massentheilchen sehr beträchtliche Bewegungen in der Richtung der Parallelkreise, von Ost nach West und umgekehrt zu ertheilen vermag. Aber sie kann ihre Wirksamkeit nur äussern, wenn dem zu bewegenden Körper ein Impuls in der Richtung des

Meridians, vom Aequator nach dem Pol, oder vom Pol nach dem Aequator hin innwohnt, durch den er zu andern Parallelkreisen, wo eine andre Rotationsgeschwindigkeit herrscht, gelangen kann. Wir haben uns demnach nunmehr mit der Frage zu beschäftigen, durch welche Ursache ein Strömen des Wassers oder der Luft in der Richtung der Meridiane hervorgebracht werde.

Was nun die nach dem Aequator hinstrebenden Polarströmungen betrifft, so ist man über den Grund derselben längst im Klaren. Durch die starke Erwärmung des Erdgürtels um den Aequator herum verdunstet dort das Wasser in größerer Menge, es muß daher zur Herstellung der Gleichgewichtsoberfläche von beiden Seiten her fortlaufend Wasser hinzuströmen. In ähnlicher Weise werden die nach dem Aequator hingehenden Winde durch Verdünnung der Luft, welche über der heißen Zone ruht, hervorgerufen. Dagegen hat man, wie es mir scheint, keine befriedigende Erklärung über den in entgegengesetzter Richtung vom Aequator nach dem Pole hinziehenden Aequatorialstrom angegeben. Was man in Bezug auf ihn als Erklärung aufgestellt hat, scheint mir nicht unerheblichen Bedenken zu unterliegen. — Ich werde aber die Strömungen des Wassers und der Luft gesondert behandeln müssen, da die beiden obwaltenden Verhältnisse nicht ganz dieselben sind, und beginne mit der Betrachtung der Strömungen des Meeres:

Die Aequatorialströmung des Atlantischen Oceans, die vom Busen von Guinea zunächst nach der Ostspitze Südamerika's hinlenkt, worauf der größte Theil derselben seinen Weg nach dem Karaibischen Meer und dem Busen von Mexiko nimmt, findet ihre genügende Erklärung in den Wassermassen, die aus höhern Breiten beider Halbkugeln in das um den Aequator herum durch Verdunstung entstehende Wellenthal zuströmen. Da diese auf der nördlichen Halbkugel von Nordost nach Südwest, auf der südlichen von Südost nach Nordwest gerichtet sind, so resultirt aus dem Zusammentreffen beider Stromrichtungen jene von Ost nach West ziehende Strömung. Aber wir müssen den

weitern Verlauf derselben, den Golfstrom, einer genaueren Betrachtung unterziehen. Dafs die im Mexikanischen Meerbusen sich aufstauenden Wassermassen wieder abfließen müssen, ist natürlich; ebenso ist der weitere Verlauf der Strömung, nachdem sie um die Halbinsel von Florida herum nach Norden gelenkt, ein ganz gesetzmäfsiger, die allmähliche Ablenkung der Bahn nach Osten eine Folge der Drehung der Erde. Dafs sie aber diese Anfangsrichtung einschlägt, muß ein Blick auf die Karte höchst auffallend erscheinen lassen. Hätten wir es hier mit einem bloßen Abströmen aufgestauter Wassermassen nach Gegenden, wo das Meer ein etwas niedrigeres Niveau hat, zu thun, so würde wohl einertheils eine Rückströmung und in Folge dessen eine Verlangsamung, ein Aufhalten der ursprünglichen Strömung stattfinden, anderntheils würde das Wasser, nachdem es durch den Kanal zwischen Cuba und Florida einen Ausweg gefunden, sich nach allen Seiten, besonders aber in der Richtung von West nach Ost, welcher die Wände des Kanals ungefähr folgen, ausbreiten müssen. Das Fortströmen in einer ganz andern Richtung, in einem Anfangs verhältnismäsig schmalen, beinahe scharf begränzten Bette, mit so beträchtlicher Geschwindigkeit, wie es in Wahrheit stattfindet, weist, wie mir scheint, entschieden auf eine andere bestimmende Ursache einer so auffallenden Erscheinung hin.

Ehe ich meine Ansicht über die hier und in ähnlichen Fällen wirkende Ursache ausspreche, liegt mir ob, die anderweitig darüber beigebrachte Erklärungen anzuführen und zu beurtheilen. Sehr eingehend hat sich in neuerer Zeit mit dem Golfstrom, den merkwürdigen Erscheinungen, die er darbietet, sowie den muthmafslichen Gründen derselben der Amerikaner M. F. Maury, eine große Autorität in nautischen Angelegenheiten, beschäftigt. Ich verweise auf sein Werk: *Die physische Geographie des Meeres*. Deutsch bearbeitet von Dr. C. Böttger, Leipzig bei G. Mayer 1856.

Der Charakter dieses Werkes, daß es neben einer Fülle

der schätzbarsten erfahrungsmässig festgestellten Angaben, neben bedeutenden und geistreichen theoretischen Ausführungen und Hypothesen nicht selten einen auffallenden Mangel an Kritik zeigt und wahrhaft phantastische Annahmen vorbringt, zeigt sich auch bei dieser Gelegenheit. Der Verfasser gibt in Bezug auf den Golfstrom zwei Hypothesen, die auf geradezu entgegengesetzten Voraussetzungen beruhen, sich vollkommen gegenseitig ausschliessen. Er stellt sie aber ruhig neben einander hin, ohne auf ihren Gegensatz auch nur aufmerksam zu machen. Bei der einen, die ich für gänzlich unzulässig halte, wie ich demnächst zu zeigen versuchen werde, bleibt er schliesslich stehen, und lässt die andere fallen. Gerade diese aber scheint mir die richtige zu sein und eine viel weiter greifende Anwendung zulassen.

Die meiner Meinung nach unrichtige Hypothese besteht in Folgendem:

Auf die gemachte Bemerkung hin, dass das Wasser der Karaibischen See und des Golfs von Mexiko den Kupferbeschlag der Schiffe mehr angreife als das Wasser anderer Meere, weshalb es wahrscheinlich salziger sey als anderes Meerwasser, wird die Folgerung gebaut: »dass die Gewässer des Golfstroms, da sie in solcher Masse und mit solcher Geschwindigkeit in das Weltmeer hinauströmen, nicht allein ihnen eigenthümliche chemische Affinitäten besitzen, sondern wegen ihres grössern Salzgehaltes auch specifisch schwerer sind als das Meerwasser, durch welches sie in einem so klaren und wohl abgegrenzten Kanal hindurchfließen« (S. 23 des angeführten Werkes). Dem gegenüber wird auf den geringen Salzgehalt der Ost- und Nordsee aufmerksam gemacht. »Wir haben nun auf der einen Seite das Karaibische Meer und den Golf von Mexiko mit ihrem Salzwasser, auf der andern die Ostsee mit einem Brackwasser von sehr mäfsiger Stärke. In der einen Gruppe dieser Meeresbecken ist das Wasser schwer, in der andern leicht. Zwischen ihnen liegt der Ocean; aber das Wasser will nothwendiger

weise sein Niveau und Gleichgewicht suchen und behaupten. Hier fördern wir also eine der den Golfstrom erzeugenden Kräfte zu Tage.“

Das Unhaltbare dieser Hypothese liegt wohl klar am Tage. Gebaut ist sie auf die Annahme, daß das Wasser des Mexikanischen Meerbusens schwerer sey als das der Ostsee, wofür entschieden der Beweis nicht geführt ist, und schwerlich geführt werden kann. Der Verfasser selbst hebt hervor, daß die grössere Ausdehnung durch die Wärme, welcher das Wasser im Mexikanischen Meerbusen ausgesetzt ist, in entgegengesetztem Sinne wirken müfs. Welche Einwirkung die überwiegende sey, müfste daher vor allen Dingen und zwar durch bestimmte quantitative Angaben entschieden werden. Die dazu nöthigen Beobachtungen würden dem Verfasser vielleicht zu Gebote gestanden haben: ich müfs mich mit rein theoretischen Erwägungen begnügen. Ich bin in Bezug auf das specifische Gewicht des Wassers der gerade entgegengesetzten Ansicht. Zugegeben, daß um den Aequator herum im Laufe des Jahres eine beträchtliche Quantität reinen Wassers verdunste, was darauf hinwirken müfs, das Oberflächenwasser salzhaltiger zu machen, so wird dies durch den gerade in diesen Gegenden sehr massenhaften Niederschlag wieder ausgeglichen. Wenn ferner die starken Verdunstung ausgesetzte obere Schicht des Meeres dadurch wirklich schwerer werden sollte, so müfste sie natürlich herabsinken und durch anderes Wasser ersetzt werden. Dafs aber die Verdunstung in dieser Weise auf die ganze Wassermasse bis zum Meeresgrunde einen irgend merkbaren Einfluß ausüben könne, wird man doch wohl nicht behaupten wollen.

Aber ferner, wenn die behauptete Ungleichheit im spezifischen Gewicht des Golfstrom- und des Ostseewassers stattfände: würde dies Verhalten eine Bewegung der Gewässer wie den Golfstrom hervorzubringen im Stande seyn? Ganz gewifs nicht. Das in so weiter Entfernung vom Mexikanischen Meerbusen belegene, nur in so engen Straßen sich öffnende Becken der Ostsee sollte eine merkbare

Wirkung bis auf so weite Entfernung hin ausüben? Und wenn dies der Fall wäre, müfste nicht jedenfalls die Strömung in der Nähe der Ostsee durch den Sund und die Belte am stärksten seyn, und würde in größerer Entfernung sich nur mit abnehmender Stärke äussern? Der Golfstrom zeigt aber in Wahrheit gerade das entgegengesetzte Verhalten.

Die Hypothese zur Erklärung der dem Pole zustrebenden Richtung der Gewässer des Golfstroms, der ich mich anschliesse, und die Maury gleichfalls aufstellt, beruht auf der Annahme, dass das durch den Aequatorialstrom dahingewälzte Wasser, welches sich schliefslich im mexikanischen Meerbusen ansammelt und aufstaut, durch die Wärme, der es ausgesetzt ist, specifisch leichter wird als die Meergewässer in höheren Breiten. Ist dies aber der Fall, so wird es vermöge der Centrifugalkraft vom Aequator nach den Polen hin abzufließen streben, um durch anderes schwereres, das von den Polen dem Aequator zufließt, ersetzt zu werden. Maury erläutert dies sehr zweckmäßig, indem er sagt, man möge sich den Aequator mit einer Schicht Oel statt von Wasser umzogen denken. Sowie die Erde ihre Rotation beginnt, würde offenbar die Oelmasse nach den Polen hinfliessen, das schwerere Wasser, zum Theil unter der Oberfläche hinfliessend, dem Raume um den Aequator zuströmen. Offenbar wird das specifisch leichtere Wasser sich in dieser Hinsicht ganz wie das Oel verhalten.

Aber diese Strömung des leichteren Wassers vom Aequator nach den Polen hin kann nur dann Platz greifen, wenn es bis zur Höhe der Gleichgewichtsoberfläche der Erde an der betreffenden Stelle heranreicht, oder durch Aufstauung über sie emporgehoben ist.

Dies der Grund, warum die warmen Gewässer des Aequatorialstroms nicht früher schon nach den Polen abzuströmen suchen. Der Aequatorialstrom fand ja dadurch seine Entstehung, dass um den Aequator herum durch Verdunstung sich gewissermaßen ein Thal in der Meeresfläche bildete, das Wasser unter das ihm an dieser Stelle zukom-

mende Niveau herabgedrückt wurde. Natürlich müssten die Wasser der höhern Breiten vermöge der Schwere von beiden Seiten herbeiflößen. Die Einwirkung der Centrifugalkraft auf leichteres Wasser um den Aequator herum kann offenbar erst dann in Kraft treten, wenn nicht die stärkere Gegenwirkung der Schwere zu überwinden ist, also erst dort, wo an den Rändern der Wasserbecken durch Aufstauung das Niveau hergestellt oder noch überstiegen wird.

So erklären sich die Erscheinungen, die der Golfstrom in seinem Verlaufe zeigt, vollkommen:

Im Golf von Mexiko staut sich das heiße Wasser des Aequatorialstroms (die Temperatur des Meerwassers steigt dort bis auf 32° C., am höchsten auf der Erde) bis über die Höhe der Gleichgewichtsoberfläche der Erde auf. Es muss daher als specifisch leichter, sowie es dem umflossenden Becken entkommen kann, direct dem Pole zuströmen. Die spätere Ablenkung ist eine nothwendige Folge der Rotation der Erde.

Da der Einfluss der Centrifugalkraft als eine stetig wirkende Kraft anzusehen ist, erklärt sich auch, wie der Golfstrom trotz des zu überwindenden Widerstandes der übrigen Meeresgewässer, der gewifs höchst bedeutend ist, trotzdem ferner, daß seine spätere Ausbreitung natürlich die Geschwindigkeit beträchtlich vermindert, noch weiterhin eine so große Geschwindigkeit in nördlicher Richtung behalten kann. Wenn nicht auf diese Weise der Impuls, der ihn dem Pole zutreibt, sich stetig erneuerte, würden die bewegten Wassermassen, wie mir scheint, viel früher zum Stillstand gelangen müssen.

Die verwandten Erscheinungen anderer Meeresströmungen sind durchaus geeignet, den angegebenen Erklärungsversuch zu unterstützen.

Der Abfluß der warmen Aequatorialgewässer längs der ostasiatischen Küste, der vielfach mit dem Golfstrom verglichen worden ist, zeigt ein ganz analoges Verhalten. Ja die localen Verhältnisse sind der Art, daß der Verlauf, den

er nimmt, noch entschiedener zu Gunsten meiner Hypothese spricht. Maury, dessen positiven Angaben man gewifs volles Vertrauen schenken kann, charakterisirt diese Strömung so:

»Eine andere dieser Strömungen (nämlich der warmen Gewässer des Indischen Oceans) entweicht durch die Straße von Malacca und fliesst, nachdem sich andere warme Ströme aus den Meeren von Java und China mit ihr vereinigt, wie ein zweiter Golfstrom zwischen den Philippinen und den Asiatischen Küsten hindurch in den stillen Ocean. Dann tritt sie den grossen Kreislauf nach den Aleutischen Inseln an, das Klima mildernd und sich in dem Meere gegen die Nordwestküste Amerikas hin verlierend (S. 128).«

Nun betrachte man die Karte! Wenn ein Strom, nachdem er die Straße von Malacca in fast ganz südlicher Richtung durchflossen hat, von da an den Weg zwischen der Küste von Indien und den Philippinen einschlägt, statt dieselbe Richtung beibehaltend zwischen Sumatra und Java einerseits, Borneo andererseits dahinzufliesen, so muß wohl gewiss eine Kraft existiren, die ihn jenen ersten Weg, fast genau in nördlicher Richtung zu nehmen zwingt — und das kann füglich keine andere seyn als die Centrifugalkraft. Eine entschiedene Richtung nach dem Pol zeigt diese Strömung in ihrem Verlauf noch ein zweites Mal, da, wie Maury berichtet, eine Oberflächenströmung nördlich durch die Behringsstraße ins Eismeer fliesst.

Dergleichen Strömungen warmen, also specifisch leichteren Wassers in der Richtung von den Aequatorialgegenden nach den Polen hin sind noch mehrere erfahrungsmässig festgestellt. Einige von ihnen verfolgen mehr oder weniger nur die schon überkommene Richtung, soweit die entgegentretenen Continentalmassen es gestatten. So die Brasiliatische Strömung, der südliche Arm der durch das Cap Roque gespaltenen Aequatorialströmung des Atlantischen Oceans, und die Mozaambique-Strömung sammt dem auf der andern Seite von Madagascar nach Süden ziehenden Strom im In-

dischen Meer. Wir finden es ganz natürlich, daß die an der Ostküste der Continente angestauten Wassermassen in dieser Richtung abfließen.

Dagegen gibt es auch gewisse andere Strömungen dieser Art, die ohne erweislich durch ein Hindernis veranlaßt zu seyn, von dem Bette warmen Gewässers um den Aequator herum sich loslösen, um den Polen zuzustreben. Und diese scheinen mir für die behauptete Einwirkung der Centrifugalkraft auf specifisch leichteres Wasser einen sehr schlängenden Beweis zu liefern. Dahin rechne ich den sogenannten nordwestlichen Ausfluß der atlantischen Aequatorialströmung, der etwa unter dem 10ten Grad westlicher Länge (Ferro) von dem Hauptstrom sich trennend gegen Nordwest fließt, während jener, soweit die Gestaltung des Continents von Südamerika es gestattet, die westliche Richtung beibehält. Es kann an dieser Stelle sehr wohl unter Einwirkung der Ostspitze von Südamerika eine Aufstauung des Wassers erfolgen, wo dann sofort die Centrifugalkraft in Wirksamkeit treten muß.

Ferner berichtet Maury, daß wenigstens zu Zeiten ein Strom warmen Wassers im Indischen Ocean nach Süden hin mitten zwischen Australien und Afrika seinen Weg findet, der also offenbar durch keine gegenstehenden Landmassen in diese Richtung gezwungen wird.

Noch eine Strömung würde sehr entschieden zu Gunsten der angeführten Hypothese sprechen, wenn ihr Daseyn unzweifelhaft ausgemacht wäre. Maury berichtet über sie: »Die unerwartetste Entdeckung aber ist die der warmen Fluthung längs der Westküste Südafrikas, ihrer Vereinigung mit der Lagullaströmung, die höher hinauf die Mozambiqueströmung heißt und danach des gemeinschaftlichen Laufs beider nach Süden« (S. 239). Dies widerspricht allerdings der früheren Annahme, wie sie noch auf den Bergbaus'schen Karten zur Darstellung gekommen ist, nach welcher längs der Westküste Südafrikas die Wässer gerade in entgegengesetzter Richtung vom Cap nach dem Busen von Guinea strömen sollen, was sich auch sehr gut dadurch erklären

liesse,
Verdu

So
sey?
unter
Nivea
von 1
dageg
höher
reicht
auch
terstü
Golfs
Südos
stande
dans u
die zu
mung
Wass

Id
vielle
schie
gewa
der O
digk
schei
ich n
ten E
fübre
hin g
cific
es d
rade
dem
I
schw
Aeq

liesse, dass dieselben das um den Aequator herum durch Verdunstung herabgedrückte Niveau herzustellen streben.

Sollten indeß nicht vielleicht beide Angaben richtig seyn? Steht in der Nähe des Guineabusens das Wasser unter dem dieser Stelle der Erdoberfläche zukommenden Niveau, so wird der Verlauf der Strömung der früheren, von Berghaus adoptirten Angabe gemäss seyn. Wenn dagegen zu gewissen Zeiten des Jahres dort das Wasser höher angestaut wird und die Gleichgewichtsoberfläche erreicht oder übersteigt, so muss vermöge der Centrifugalkraft auch hier das Wasser nach dem Pol hin abströmen. Unterstützt wird diese Ansicht dadurch, dass in der Nähe des Golfs von Guinea der in diesem Erdgürtel sonst herrschende Südostpassat zur Sommerzeit durch einen Südwestwind (entstanden durch die Einwirkung der hohen Temperatur Sudans und der Sahara) ersetzt wird. Hierdurch wird offenbar die zur Entstehung der von Maury behaupteten Südströmung nach unserer Hypothese nothwendige Aufstauung des Wassers hervorgebracht werden können.

Ich möchte noch eine Erscheinung hierherziehen, die vielleicht auf dieselbe Kraft zurückzuführen ist: Von verschiedenen Polarreisenden wird berichtet, dass sie bisweilen gewaltige Eisberge angetroffen haben, die dem Wind und der Oberflächenströmung entgegen mit bedeutender Geschwindigkeit in nördlicher Richtung hintrieben. Damit, diese Erscheinung unterseeischen Strömungen zuzuschreiben, kann ich mich nicht einverstanden erklären, weil der aufgestellten Hypothese gemäss, wie ich im Folgenden gleich ausführen werde, diese nur von den Polen nach dem Aequator hin gehen können. Aber ist nicht das Eis gleichfalls spezifisch leichter als das umgebende Wasser, und erscheint es daher nicht ganz natürlich, dass dergleichen Eisberge gerade wie warmes Wasser der Centrifugalkraft auheimfallend dem Pole zugetrieben werden?

Es ist selbstverständlich, dass die Centrifugalkraft das schwerere Wasser umgekehrt von den Polen nach dem Aequator hintreiben muss. Sie wird daher zunächst noch

beschleunigend auf die Gewässer der höhern Breiten wirken, wenn sie durch die Schwere getrieben wie auf einer schiefen Ebene herabfließen, das durch die starke Verdunstung um den Aequator entstehende Thal auszufüllen. Dann aber haben wir ihrer Einwirkung die zahlreichen unterseischen Strömungen kalten Wassers, die sämmtlich von den Polen dem Aequator zufließen, zuzuschreiben, deren Vorkommen auf keine andere Weise erklärt werden zu können scheint.

III.

Ich wende mich nun zur Betrachtung der Luftströmungen und zwar vorzugsweise des vom Aeqnator nach den Polen gerichteten sogenannten Aequatorialstroms. Denn in der That lässt die seit Halley feststehende Erklärung des andern Theils des Phänomens, der Polarströmungen und ihrer Fortsetzung, der Passatwinde, nichts zu wünschen übrig. Auch die Erklärung des Gürtels der Windstille um den jeweiligen Wärmeäquator herum, wo der durch die starke Hitze hervorgebrachte aufsteigende Luftstrom dicht über der Erdoberfläche im Allgemeinen keine andere Strömung aufkommen lässt, wird ziemlich übereinstimmend gegeben und scheint mir vollkommen zufriedenstellend zu seyn. Aber über den Weg, den von nun an die bewegten Luftmassen einschlagen, über die Ursache, die sie vom Aequator nach den Polen treibt, gehen die Meinungen sehr auseinander oder scheinen auch wohl etwas unbestimmt und unklar zu bleiben. »Durch die Passatwinde wird fortwährend Luft dem Aequator zugeführt, so dass sie sich dort anhäuft, und daher wiederum nach den Polen abströmen muss«, so ungefähr spricht man sich in geographischen Büchern über diesen Gegenstand aus, wobei als Erläuterung das Beispiel der warmen Stube angeführt zu werden pflegt, in welche durch die geöffnete Thür von unten her ein kalter Luftstrom eindringt, wo dann ein Theil der warmen Stubenluft in der Nähe der Decke abströmt. Aber das Beispiel scheint mir wenig zutreffend, da bei dem hervorgebrachten Erfolg

die bestimmte Begränzung der Luftmasse durch die Wände des Zimmers und die Decke offenbar sehr wesentlich mitbestimmende Elemente sind, die bei der grossen geheizten Stube des Aequators nicht in gleicher Weise vorhanden sind, und da der bald sich wieder verlierende dem oberen Theil der Thüröffnung entströmende warme Luftzug sich schwer mit dem bis in so hohe Breiten wirksamen Aequatorialstrom der Luft in Parallele stellen lässt. Verwandt mit obiger ist die Erklärung, die Kämtz in seiner *Meteorologie* (Band I S. 138 ff.) giebt. Sie besteht im Wesentlichen darin, dass, wenn die über einer Stelle der Erdoberfläche ruhende Luftsäule durch die Wärme stärker ausgedehnt wird und sich über das Niveau der umliegenden Gegenden erhebt, sie abströmen müsse, um die Gleichgewichtsoberfläche wieder herzustellen.

Aber abgesehen davon, dass das Niveau der Atmosphäre keine festbestimmte Oberfläche ist, sondern jedenfalls durch die Temperatur mit bestimmt wird, ist es wohl durchaus unzulässig, solche in verhältnismässig grosser Nähe der Erdoberfläche vorgehende Erscheinungen wie die Winde herzuleiten aus den Veränderungen, welche die obersten Regionen der Atmosphäre, dort wo sie an den luftleeren Raum gränzt, oder sich allmäthlich verliert, über deren Wesen und Beschaffenheit wir gar nichts wissen, betreffen. Die Gewichtigkeit dieses Einwandes scheint mir um so grösser, da die Aufwühlung der Luft sich schwerlich mehr als einige Meilen hoch erstrecken dürfte. Kämtz selbst bemerkt (Theil I S. 283): »Nun sind aber die obersten Theile der Atmosphäre so dilatirt, haben so wenig Adhäsion an einander, dass die obersten Luftsichten einen Druck leiden können, ohne dass dadurch die untern im mindesten modifizirt werden.«

In neuerer Zeit hat Maury eine ganz abweichende Ansicht über die Circulation der Luft ausgesprochen, auf die ich hier etwas näher eingehen muss, da ich einigen Aufstellungen desselben beipflichte, andere als unbegründet zurückweisen zu müssen glaube. Im Wesentlichen besteht

seine Hypothete in Folgendem, wobei ich auf die schematische Figur S. 65 seines Werkes verweise:

Ein Luftatom steigt am Nordpol in die Höhe, fliesst von dort als oberer Luftstrom (der die Erdoberfläche nicht berührt) dem Aequator zu bis in die Gegend des Wendekreises des Krebses, wo Maury einen Gürtel der Windstillen annimmt. Hier sinkt es herab und macht sich von nun an, in der Nähe der Erdoberfläche hinwährend, als der bekannte Nordostpassat bemerklich. Am Aequator, oder vielmehr in der Gegend des aequatorialen Calmengürtels, steigt es empor, und geht, nachdem es den Calmengürtel überschritten, nach der andern Halbkugel über, bis zum Wendekreis des Steinbocks in den oberen Regionen bleibend. Dort aber senkt es sich wieder und zieht in dem bekannten Aequatorialstrom der südlichen Halbkugel als Nordwest dem Südpol zu, wo es emporsteigt, um den entsprechenden Weg vom Süd- nach dem Nordpol einzuschlagen, den man nach obigen Angaben leicht wird verfolgen können. Ich hebe daraus nur hervor, dass nach Maury's Ansicht mithin der Aequatorialstrom unserer Breiten mit der vorherrschenden Richtung von Südwest nach Nordost von der südlichen Halbkugel herkommt, am Aequator in die Höhe gestiegen ist, und sich in der Gegend des nördlichen Wendekreises zur Oberfläche herabgesenkt hat.

Was Maury ferner als Hypothese über die diese Circulation bewirkende Kraft vorbringt, namentlich in Betreff der behaupteten Hebungen, Senkungen und Durchkreuzungen der Luftströme, wobei er an den Magnetismus der Erde und die magnetischen Eigenschaften der verschiedenen Bestandtheile der Luft denkt, ist so gänzlich vag und unbestimmt, dass man wohl vorläufig der Mühe überhoben ist, darauf näher einzugehen. Ich kann mir jede Berücksichtigung dieser höchst hypothetischen Hypothese um so mehr ersparen, da ich nur einen Theil seiner Aufstellungen mir zu eigen mache, und dieser mir ganz naturgemäß zu seyn, keiner so unsichern Annahmen zu bedürfen scheint.

Mir scheint nämlich die Annahme eines vom Pol bis zu

dem
zieh
absen
Weis
in de
der p
Dafs
später
dariu
Strei
turge
die
gürtel
her
wird

I
dahin
Aequ
klärt
träch
in hö
rer v
Hülf

H
eine
Lufta
Eine
Wer
gera
die
Aequ
selbe
strö
entsc
freili
folgt
eine

Po

dem zugehörigen Wendekreise in *oberen Regionen* dahinziehenden Luftstroms, der erst hier sich zur Oberfläche herabsenke, durch nichts erwiesen, seine Annahme in keiner Weise durch die Erscheinungen gefordert. Weht denn nicht in der kalten und gemäsigten Zone der nördlichen Halbkugel der polarische Nordost oft genug an der Oberfläche hin? Dafs er nicht fortwährend der herrschende Wind ist, wie später in der heissen Zone als Nordostpassat, liegt einfach darin, dafs der aequatoriale Südwest so oft mit ihm im Streite liegt, oder über ihn die Oberhand behält. Die naturgemäfse Vorstellung über den Polarstrom ist offenbar die, dafs nach der stark verdünnten Luft des heißesten Erdgürtels die kältere Luft von höheren Breiten und vom Pole her gewissermaßen durch Saugen fortwährend hingezogen wird.

Dafs dagegen in der Nähe der Wendekreise der bis dahin nur in den oberen Regionen der Luft herrschende Aequatorialstrom sich der Oberfläche der Erde nähert, erklärt sich genugsam dadurch, dafs die früher erhitzte, beträchtlich leichtere Luft vom Aequator her beim Vorrücken in höhere Breiten allmählich sich abkühlt und daher schwerer werden muss, ohne dafs man dabei den Magnetismus zu Hülfe rufen dürfte.

Ebenso wird man Maury beistimmen müssen, wenn er eine Durchkreuzung der über den Calmen emporsteigenden Luftströmungen des Nordost- und Südostpassats behauptet. Eine derartige Durchkreuzung ist, soviel mir bekannt, in Werken, welche dies Thema behandeln, zwar meistens nicht geradezu in Abrede gestellt; vorherrschend war aber immer die Vorstellung, dafs die Luftnassen, nachdem sie um den Aequator in die Höhe gestiegen, im Allgemeinen, auf derselben Halbkugel bleibend, rückwärts dem Pole wieder zuströmten. Es ist Maury's Verdienst, diese Durchkreuzung entschieden behauptet, und in ihren Consequenzen, die er freilich bisweilen mir etwas zu weit zu ziehen scheint, verfolgt zu haben. In der That kann die Geschwindigkeit eines Lufttheilchens, das vom Nordostpassat getrieben bis

an die Gränze des aequatorialen Calmengürtels gelangt, in dieser Richtung keineswegs aufhören, wenn es auch durch die starke Erhitzung in die Höhe zu steigen gezwungen wird, da ein senkrecht in die Höhe gerichteter Impuls die horizontalen Componenten der Bewegung gar nicht ändert. Die Bewegung von Nordost nach Südwest wird daher dem Lufttheilchen verbleiben müssen, auch wenn es in einem aufsteigenden Luftstrome in die Höhe getragen ist, und es wird demnach den Calmengürtel zu durchschneiden und in die andere Halbkugel überzugehen streben. In ähnlicher Weise wird die vom Südostpassat zugeführte Luft in höheren Regionen durch den Calmengürtel hindurch zu unserer Halbkugel den Weg finden. Dafs diese Richtung nach dem Uebergang in die andere Halbkugel nach und nach in die entgegengesetzte übergeht, ist im Vorigen nachgewiesen.

Zwar wird während des Aufsteigens beider Luftströme und durch ihre gegenseitige Einwirkung auf einander die ihnen eingeprägte Geschwindigkeit in der Richtung von Nord nach Süd und von Süd nach Nord sich vermindern; bisweilen werden die von beiden Passaten bewegten Luftmassen sich gegenseitig aufhalten, oft aber werden sie auch einander vorbeigehen, oder sich durchkreuzen können, oder die stärkere Strömung wird die schwächere verdrängen. Wir sehen somit schon, wie eine Bewegung in der Richtung des Meridians vom Aequator nach den Polen hin entstehen kann, nämlich als Fortsetzung des Polarstroms der entgegengesetzten Halbkugel. Maury nimmt diese Art der Luftbewegung als die Regel an, so dafs im Allgemeinen die auf der nördlichen Halbkugel vom Aequator dem Pole zuwähende Luft von der südlichen Halbkugel herkomme, und umgekehrt. Meiner Meinung nach wird dies zwar oft der Fall seyn, aber nicht immer. Es kann auch vorkommen, dafs die Luft unserer Halbkugel am Calmengürtel zurückgehalten, wieder als Aequatorialwind nach höheren Breiten zurückströmt; durch welche Kraft getrieben, werden wir später sehen.

Wir wollen nun die Beläge, die Maury für seine An-

sicht anführt, dass die den höheren Breiten einer Halbkugel vom Aequator her zuströmende Luft von der entgegengesetzten herkomme, etwas näher ins Auge fassen. Ich bemerke übrigens, dass vorzugsweise für die nördliche Halbkugel die Beweise stichhaltig erscheinen, nicht in gleichem Grade für die südliche.

Bekanntlich enthält die südliche Halbkugel sehr viel mehr Wasser als die nördliche, trotzdem ist der Niederschlag auf der nördlichen beträchtlich grösser. Berghaus giebt die mittlere Höhe des jährlichen Niederschlags in der nördlichen gemässigten Zone auf 35 Zoll, in der südlichen gemässigten Zone auf 25 Zoll an. Eine Bestätigung findet diese Bemerkung dadurch, dass, wenn man den Amazonenstrom, der beiden Gebieten angehört, abrechnet, mit Ausnahme des La Plata kein einziger bedeutender Strom der südlichen Halbkugel angehört. Gewiss also ist es eine auffallende Erscheinung, dass auf der einen Halbkugel die ausdünstende Oberfläche, auf der andern die Condensation des Wasserdunstes zu Niederschlagmassen so bedeutend überwiegt. Allerdings wirken hierauf zwei Umstände ein, die mit der hier entwickelten Hypothese über die Circulation der Luft in keinem Zusammenhange stehen: die durchschnittlich etwas höhere Temperatur der nördlichen Halbkugel, welche eine stärkere Verdunstung zur Folge hat, und die grössere Masse des zum Theil hoch aus dem Wasser emporragenden Festlandes, welches gleichfalls, indem es die mit Wasserdunst geschwängerten Wolken aufhält, den Niederschlag befördert. Indefs erscheint es wohl fraglich, ob man ein so bedeutendes Resultat diesen beiden Umständen allein wird beimessen wollen. Offenbar würde der Uebergang von Luftmassen aus einer Halbkugel in die andere nach derselben Richtung hin sich wirksam erweisen. Wenn ich übrigens mit Maury einen solchen Uebergang annehme, so kann ich doch im Einzelnen seinen Ausführungen keineswegs beistimmen. Indem er die muthmafslichen Wege der Wasserdunst führenden Luftmassen verfolgt, leitet er fast immer den auf einer Halbkugel fallenden Nieder-

schlag aus der jenseitigen Halbkugel her, oft ohne daß diese Annahme im mindesten nothwendig oder auch nur wahrscheinlich wäre. So, um den starken Niederschlag bei Patagonien und dem Cap Hoorn zu erklären, nimmt er an, es müsse diese Fülle von Wasserdunst schon von dem Nordostpassat der nördlichen Halbkugel angesammelt seyn, als wenn nicht auf dem langen Wege vom Wendekreis des Steinbocks an über ein weites Meer hin Gelegenheit genug wäre, mit Wasserdunst übersättigt zu werden. Eben so meint er, wie mir scheint, gleicherweise ohne zwingenden Grund, die Regenmenge in Oregon komme aus dem Gebiet des Südostpassats der südlichen Halbkugel.

Da, wenn eine solche Ueberführung von Wasserdunst aus einer Halbkugel in die andere stattfindet, die Ansammlung desselben vorzugsweise innerhalb des Passatgürtels stattfinden muß, so kommt es wesentlich nur darauf an, in welchem Verhältniß *innerhalb dieser Gürtel* die Wasserfläche zur Oberfläche des Festlandes steht. Nun ist die Wasserfläche des südlichen Passatgürtels zwar überwiegend, aber nicht in sehr hohem Grade; es scheint daher die so sehr viel größere Menge des Niederschlags auf der nördlichen Halbkugel darauf hinzuweisen, daß die mit Wasserdunst überladene Luft aus der südlichen Halbkugel öfter in die nördliche übergehe, als umgekehrt.

Maury führt ferner eine positive Thatsache an, die wohl als Beweis für die Ueberführung der Luft aus der südlichen in die nördliche Halbkugel angesehen werden kann. Ich beziehe mich hierbei auf den sogenannten Passatstaub, an welchem die Macht des Mikroskops in den Händen Ehrenberg's sich in so glänzender Weise bekräftigt hat, der, ausgetrockneten Schlammbecken Südamerika's entstammend, bis zu den Küsten von Nordafrika, Süd- und Mittel-Europa geführt wird.

Ich verkenne nicht, daß die angeführten Umstände kaum als wirkliche Beweise anzusehen sind.

Ihre Hauptstütze haben die gemachten Annahmen, sowie die, welche ich im Folgenden noch aufzustellen habe, in

theoretischen Erwägungen. Doch hielt ich es immerhin für zweckmäßig, sie soweit als thunlich der Prüfung thatsächlicher Erfahrungen zu unterwerfen, wobei sich wenigstens herausgestellt hat, dass dieselben mit der Hypothese vollkommen in Einklang sind.

Es bleibt uns noch die Einwirkung der Centrifugalkraft auf die Bewegung der Luft zu betrachten. Sie wird sich im Wesentlichen in derselben Weise zeigen, wie bei den Strömungen des Wassers. Schwerere Luftmassen werden dem Aequator zustreben, leichtere vom Aequator nach den Polen hinströmen. Dass neben diesen Impulsen in horizontaler Richtung die durch die Schwere bedingten Bewegungen in senkrechter Richtung sich geltend machen, dass die schwere Luft sich dicht über der Erdoberfläche lagert, die leichtere in die Höhe steigt, dass ferner alle aus der Ausdehnungskraft der Luft hervorgehenden Bewegungsscheinungen in Kraft bleiben, versteht sich von selbst, und es wird dadurch das Phänomen ein viel complicirteres als bei den Strömungen des Wassers. Im Ganzen aber wird es den oben angegebenen Charakter bewahren. Eine Masse spezifisch leichter Luft wird natürlich zunächst in die Höhe steigen, bis sie gewissermaßen das ihr zukommende Niveau erreicht hat. Zugleich aber, wenn sie leichter als die in gleicher Höhe befindliche Luft ist, wird sie der Centrifugalkraft folgend vom Aequator nach den Polen hinwehen. So mit wird zunächst diejenige Luft, welche nach Durchschneidung der Aequatorialcalmen in die jenseitige Halbkugel vorgedrungen ist, stetig neue Impulse in der Richtung der Meridiane nach dem Pole zu erfahren, und in der That scheint es schwer erklärlich, wie ohne eine solche Beschleunigung der Geschwindigkeit die Bewegung in der Richtung des Meridians sich auf so weite Strecken hin erhalten könnte. Dann aber werden auch diejenigen Luftmassen, die im Gürtel der Windstillen des Aequators sich ansammeln, ohne ihn durchschneiden zu können, durch die Centrifugalkraft wieder zum Pole zurückgetrieben werden. Wir haben es also auch in diesem Falle nicht mit einem bloßen Abfließen

der aufgestauten Luft zu thun, wodurch dieselbe unmöglich eine so bedeutende Geschwindigkeit erhalten könnte, um bis zu hohen Breiten zu gelangen.

In Bezug hierauf aber muß der Umstand, daß der Wärmeäquator und im Zusammenhange damit der Gürtel der Calmen fast überall und zu allen Zeiten des Jahres auf der nördlichen Halbkugel liegt, unsere Aufmerksamkeit auf sich ziehen. Was wird wohl die Folge hievon seyn müssen? Von beiden Seiten her strömt die Luft dem Calmengürtel zu und steigt dort wegen der starken Erhitzung, der sie ausgesetzt wird, in die Höhe. Als specifisch leichter verfällt sie nun dem Einfluß der Centrifugalkraft. Nähme nun der Calmengürtel gerade die Gegend in der Mitte der Erde genau um den Aequator ein, so würde die Luft gleichmäßig nach beiden Polen hin abströmen. Da er aber ganz in der nördlichen Halbkugel liegt, so treibt die Centrifugalkraft nach dem Nordpol hin, beschleunigt jede Bewegung in dieser Richtung, widerstrebt dagegen den nach dem Aequator gehenden Strömungen und verhindert vielleicht in manchen Fällen, daß der Nordostpassat der nördlichen Halbkugel bis in die südliche vordringe. Der Südostpassat dagegen, der, um bis zum Calmengürtel vorzudringen, schon den Aequator passiren müfste, wird dadurch in seiner dem Nordpol zugerichteten Geschwindigkeit beschleunigt. Wir würden daher, worauf auch die Beobachtung, wie wir gesehen haben, hinzuweisen scheint, häufigere und stärkere Strömungen aus der südlichen Halbkugel in die nördliche zu gewärtigen haben, als umgekehrt.

Endlich scheint mir die Centrifugalkraft auch bei dem noch so rätselhaften Phänomen der Wirbelstürme eine Rolle zu spielen. Versetzen wir uns, um die Vorstellung zu fixiren, nach dem Antillenmeer, jenem Hauptschauplatz der furchtbaren Naturerscheinung. Bekanntlich springen die westindischen Wirbelorkane in der Regel zwischen dem 10^{ten} bis 20^{sten} Grade nördlicher Breite, also unweit der nördlichen Gränze des Gürtels der Aequatorialcalmen auf. Dies deutet entschieden darauf, daß sie durch das Zusam-

mentreffen der Passate beider Halbkugeln entstehen. Und wieder stimmt der Umstand, daß sie im Allgemeinen hier nur in der nördlichen Halbkugel erscheinen, mit dem eben erwähnten Verhalten der Luftströmungen zusammen, daß nämlich der Nordostpassat wenig oder gar nicht in die südlische Halbkugel vordringt.

Aus dem, was im ersten Abschnitt über die Bahnen bewegter Luftmassen gesagt ist, geht hervor — und die Erfahrung bestätigt das vollkommen (S. Maury S. 210) — daß der Südostpassat, wenn er an die Gränze der Aequatorialcalmen gelangt, mit der Richtung der Parallelkreise einen viel größern Winkel macht, als der Nordostpassat der nördlichen Halbkugel. Noch entschiedener nördlich wird er wahrscheinlich nach dem nothwendigen Aufenthalt während des Emporsteigens innerhalb der Calmen. Trifft also der Passat der südlischen Halbkugel, nachdem er die Calmen durchschnitten, mit dem der nördlichen zusammen, so muß die resultirende Bewegung offenbar von Südost nach Nordwest gerichtet seyn, was in der That regelmäsig die Richtung ist, welche das Wirbelzentrum beim Beginne des Laufs einschlägt. Da ferner beide Winde beim Zusammentreffen jedenfalls einen beträchtlichen Winkel mit einander bilden, so finden wir das Entstehen einer Wirbelbewegung begreiflich, wogegen ein System von Kräften, die unter sehr spitzen Winkeln auf eine Linie treffen, nicht zu einer drehenden, sondern nur zu einer fortschreitenden Bewegung in der Richtung der Diagonale Veranlassung geben würde. Hierin mag auch der Grund liegen, weshalb im Australocean an der Gränze beider Passate dergleichen Wirbelstürme nicht so häufig stattfinden. Die Region der Aequatorialcalmen weicht hier nicht so weit von dem mathematischen Aequator ab, und beide Passate treffen daher in sehr spitzem Winkel auf einander. Es scheinen überhaupt Wirbelstürme durch das Zusammentreffen beinahe entgengesetzter Winde zu entstehen, nur daß anderwärts nicht die Passate beider Halbkugeln, sondern die entgegengesetzten Monsoone dazu Veranlassung geben. Uebrigens

lässe ich mich hier auf die nähere Betrachtung der Wirbelbewegung, die dabei obwaltenden Erscheinungen und maafsgebenden Verhältnisse nicht ein. Nur die Bahn, die der Wirbel in seinem Fortschreiten beschreibt, soll uns noch etwas beschäftigen. Ich machte schon darauf aufmerksam, dass diese Bahn gerade so ist, wie die einer bewegten Luftmasse. Ein Südostwind auf der nördlichen Halbkugel wird nach und nach mehr nach Norden gerichtet, wendet dann in die entgegengesetzte Richtung nach Osten und schreitet in ihr mit beschleunigter Geschwindigkeit fort, er nimmt genau den Weg, den das Centrum eines *Westindia hurricane* beschreibt.

Sollte diese höchst merkwürdige Uebereinstimmung nicht vielleicht in Folgendem eine naturgemäße Erklärung finden? Bekanntlich steht innerhalb des Wirbels das Barometer immer auffallend niedrig, die Luft ist dort in hohem Grade verdünnt, wahrscheinlich weil die heftige Drehung des Wirbels mittelst der Centrifugalkraft die Luft nach außen treibt. Die ganze vom Wirbel umschriebene Luftmasse wird daher specifisch leichter seyn, als die umgebende Luft. Mithin tritt nunmehr die durch Rotation der Erde hervorgerufene Centrifugalkraft in Wirksamkeit und ertheilt der ganzen Luftmasse einen Impuls nach dem Nordpol zu. Aus der Anfangsrichtung und diesem Impulse erklärt sich dann die Bahn des Wirbels vollkommen.

Den Gründen, welche ich dafür angeführt habe, dass man bei den Strömungen des Wassers und der Luft der Centrifugalkraft eine gewisse Rolle beizulegen habe, fehlt allerdings, um entscheidend zu seyn, eine sorgfältige Prüfung an dem Maafsstäbe thatzlicher Erfahrung. Indess wollte ich mit meiner Ansicht nicht zurückhalten, damit eben die Aufmerksamkeit der Beobachter sich darauf richte, und sie um so eher entweder Bestätigung oder Verwerfung finde.

Ich
folge
1)

2)

3)

gew
Be
me
Fa
we
ber
Ni
ko
die
we
un
ge
1)

V. Das Dichrooskop; von H. W. Dove.

Ich verstehe darunter einen Apparat, welcher bestimmt ist folgende Aufgaben zu lösen:

- 1) Interferenzerscheinungen und Spectra in verschiedenen farbigen Beleuchtungen getrennt und in ihrer Combination darzustellen.
- 2) Die Phänomene des Dichroïsmus nachzubilden, sowohl die, wenn die dichroïtischen Krystalle durch eine doppelt brechende Vorrichtung z. B. die dichroïtische Loupe von Haidinger betrachtet werden als auch die, welche hervortreten, wenn die dichroïtischen Krystalle selbst als analysirende Vorrichtung in einen Polarisationsapparat angewendet werden.
- 3) Elliptisches, circulares, geradlinig polarisirtes und unpolarisirtes Licht beliebig mit einander zu combiniiren nicht in der Weise, dass das eine durch die polarisirende, das andere durch die analysirende Vorrichtung für sich hervorgerufen werde, sondern so, dass es gleichzeitig die doppelbrechenden Körper durchstrahle und dann einer beliebig analysirenden Vorrichtung unterworfen werde.

Bezeichnet Fig. 1 Taf. IV¹⁾ *ab* das dreiseitige auf einem gewöhnlichen Fernrohrstativ mit horizontaler und verticaler Bewegung in einer Hülse bewegliche messingene Prisma meines (Pogg. Ann. Bd. 35, S. 596 und Darstellung der Farbenlehre S. 202) beschriebenen Polarisationsapparates, welches am Ende die Collectivlinse mit dem darauf zu schraubenden Polarisationsspiegel *cd*, bei *a* den analysirenden Nicol mit der Ocularlinse trägt, so ist *hegf* das Dichrooskop, welches in einen der gewöhnlicheren Schieber, welche die übrigen Vorrichtungen tragen, eingesetzt werden kann, wobei diese übrigen Vorrichtungen (der polarisirende Nicol und die circularpolarisirenden Glimmerblättchen) zur Seite gelegt werden.

1) Es ist die *Octavtafel*, die irrthümlich als Taf. III bezeichnet ist. (P.)

Das Dichrooskop für sich ist ein viereckiger messingner Kasten, dessen Länge 81^{mm}, dessen Höhe 75^{mm}, dessen Breite 70^{mm}. Die in der Figur hintere Seite des Kastens ist geschlossen und in der Mitte dieser Seitenwand ein cylindrischer Aufsatz, in welchen ein Stift sich einschiebt, der entweder an einen durch *ef* bezeichneten Glassatz oder an einer drehbaren Glasscheibe sich befindet, die auf diese Weise mit einander vertauscht werden können. Die Drehung des Glassatzes oder der Scheibe erfolgt durch einen an der andern Seite desselben befindlichen aus dem Kasten hervorragenden Knopf, nachdem das aus der Oeffnung des cylindrischen Ansatzes hervorragende Ende des Einsatzstiftes, in welchen eine Schraube geschnitten ist, durch eine Schraubenmutter so weit befestigt, das die Drehung noch erfolgen kann. In die beiden offenen Seiten des Kastens *hf* und *fg* können farbige Gläser eingesetzt werden, während *he*, wenn man nicht andere Ständer anwendet, zur Aufnahme von gekühlten Gläsern oder Krystallen oder eines circular polarisirenden drehbaren grossen Glimmerblatts dient. Die Oeffnungen *hf* und *gf* können durch Schieber verschlossen werden, während in *he* ein Schieber eingesetzt werden kann, der für prismatische Versuche eine Längenspalte erhält, für Gitterversuche hingegen einen andern mit kreisrunder Oeffnung. Zu dem Apparat gehören außerdem zwei Spiegel 108^{mm} lang und 60^{mm} breit, ein belegter und ein schwarzer, von denen entweder der eine oder der andere bei *g* vermittelst eines nach *ge* hingehenden Schlittens unter dem Polarisationswinkel eingesetzt werden kann, wo dann der gewöhnliche Polarisationsspiegel *cd* entfernt wird. Ich werde in der Folge die bei *g* einzusetzenden Spiegel mit *cd* bezeichnen.

Der Apparat ist bestimmt für gewöhnliches Tageslicht oder directes unter dem Polarisationswinkel auf *cd* fallendes Sonnenlicht.

Um die Erscheinungen bei den verschiedenen Combinationen einfach zu bezeichnen, nehme ich an, daß die

linear analysirende Vorrichtung so gestellt sey, dass auf einer senkrecht auf die Axe geschliffenen Kalkspathplatte das Ringsystem mit dem schwarzen Kreuz erscheint. Es ist dabei vorausgesetzt, dass die Ocularlinse senkrecht steht. Ist die Platte die eines Körpers, dessen Doppelbrechung schwach, oder soll eine Krystallplatte mit grossem Axenwinkel betrachtet werden, so wird als analysirende Vorrichtung das polarisirende Mikroskop angewendet, welches ich (Farbenlehre S. 209) beschrieben habe. Es ist so eingerichtet, dass das zu circularer oder elliptischer Analyse dienende Glimmerblättchen in gleicher Weise wie bei dem gewöhnlichen Ocular vorgeschlagen werden kann. Betrachtet man hingegen gekühlte oder gepresste Gläser oder Krystallplatten aus der Weise des deutlichen Sehens, so wird die Ocularlinse umgelegt und durch den gewöhnlichen analysirenden Nicol gesehen.

Man erhält nun folgende Combinationen:

- 1) *cd* belegter Spiegel, *ef* die Glasscheibe. Es gelangt zur analysirenden Vorrichtung, natürliches Licht von *cd*, linear polarisirtes von *ef*.
 - a) *fg* durch den Schieber geschlossen, weisses Licht linear polarisiert.
 - b) *fg* durch den Schieber geschlossen, in *hf* ein farbiges Glas, nach der Natur des Glases linear polarisirtes Licht monochromatisch oder mehrfarbig.
 - c) Ohne Schieber und ohne farbiges Glas, weisses natürliches Licht und weisses linear polarisirtes, daher theilweise polarisirtes, die Ringe kaum sichtbar. Zieht man einen in *fg* eingesetzten Schieber, nachdem man lange das Ringsystem mit schwarzem Kreuz betrachtet, schnell hinweg, so sieht man zuerst subjectiv die complementaren Ringe mit hellem Kreuz.
 - d) Ohne Schieber, das farbige Glas in *fg*, Verbindung unpolarisirten farbigen Lichtes mit weissem linear polarisirten. Das Kreuz lebhaft in der Farbe

des Glases gefärbt, die Ringe in weißer Beleuchtung etwas verändert durch die gleichförmig farbige Beleuchtung.

- e) Ohne Schieber das farbige Glas in *hf*, farbig linear polarisiertes Licht mit weißem unpolarisiertem. Die Ringe fast verschwinden, wegen der überwiegenden weißen Beleuchtung.
- f) Verschieden farbige Gläser in *hf* und *gf*. Das Ringsystem erscheint fast so, als wenn die analysirende Vorrichtung um 90° gedreht wäre, das Kreuz ist farbig und die Ringe erscheinen als Abwechselungen aus den Farben beider Gläser, indem die im homogenen Licht dunklen Stellen durch die durch *fg* eintrende farbige Beleuchtung erhellten werden.
- g) Setzt man bei *eh* ein großes drehbares Glimmerblatt ein, so erhält man die entsprechenden Combinations von circularem und elliptischem Licht mit unpolarisiertem.
- 2) Der belegte Spiegel wird mit dem Polarisationsspiegel vertauscht. Es gelangen zur analysirenden Vorrichtung zwei Massen in derselben Ebene linear polarisierte Lichtes, oder wenn in *he* das Glimmerblatt eingesetzt ist, circularen oder elliptischen und zwar:
 - a) Beide weiß oder beide farbig, wenn in *hf* und *gf* keine Gläser oder gleichgefärbte (wie in 1 a,b)
 - b) weiß und farbig, wenn in *hf* oder *fg* ein farbiges Glas, wobei das Weiß so überwiegt, dass die Wirkung des farbigen fast verschwindet.
 - c) Verschieden farbig, wenn in *hf* ein farbiges Glas, in *fg* ein anders farbiges, wobei streng genommen, das Planglas nicht dem Spiegel parallel seyn darf, sondern jedes geneigt unter dem der Farbe entsprechenden Winkel des Polarisations-Maximum.

Concentriert man bei dem Polarisationsapparat ohne Diachrooskop das Licht einer weißen Flamme auf den polarisirenden Nicol, und schaltet vor dem Auge ein 6^{mm} dickes

Kobaltglas eing, so erhält man die blauen und rothen Ring-systeme im kohlensauren Blei scharf getrennt¹⁾ einander durchschneidend und im Kalkspath die prachtvolle Abwechselung tief rother, blauer und violetter concentrischer Kreise. Durch Hinzufügung eines grünen Glases, kann man die blauen Ringe isoliren, durch die eines rothen Ueberfang-glasses die rothen. Aber solche Kobaltgläser, die die Mitte des Spectrum vollständig verlöschen, sind äusserst selten, und die Verdunkelung des Lichtes so gross, daß in weniger lichtstarken Apparaten die Erscheinung äusserst verkümmert wird, bei der gewöhnlichen Tagesbeleuchtung überhaupt nicht sichtbar ist, da die rothen Ringe dann ganz verschwinden. Dichromatische Combinationen durch Ueber-einanderlegen verschieden farbiger Gläser sind aber für manche Farbe unmöglich, da ein rein rothes und rein grünes Glas überhaupt dann vollkommen undurchsichtig werden. Diese Uebelstände beseitigt vollständig das eben ange-

- 1) In diesem Falle ebenso, wie wenn man statt des dicken Kobaltglases ein blaues und rothes im Dichrooskop combinirt, kann es auffallen, daß die dunkeln Ringe im blauen Licht viel mehr in der Richtung der Verbindungslien der Mittelpunkte beider Systeme in die Länge gezogen sind, als die im rothen Licht, obgleich der Axenwinkel in rother Beleuchtung grösser als in blauer ist. Der Grund der Erscheinung leuchtet aber durch die prismatische Analyse sogleich ein, das Spectrum der durch das Kobaltglas scheinenden Flamme erscheint nämlich bestehend aus zwei durch einen dunklen Raum getrennten Lichtmassen, von denen die rothe homogen, da die Gestalt der Spalte scharf hervortritt, während hingegen die blaue Lichtmasse sich über einen grössern Raum verbreitet und aus hellblau in dunkelblau übergeht. Die von dieser Lichtmasse erzeugten Ringe sind also nicht einfach sondern verhalten sich so, wie die Kreiswellen, welche auf einer Wasserfläche durch Tropfen gebildet werden, die nach einander in einer geraden Linie herabfallen. So wie aus den zusammenfallenden Elementarwellen hier zwei geradlinige etwas gegen einander geneigte Wellen entstehen, so bilden sich hier die dunklen Streifen, welche deswegen an der Seite geradlinig erscheinen und an dem einen Ende durch eine flachere Curve begrenzt sind als an dem andern. Diese Entstehung wird anschaulich, wenn man mit dem Cobaltglase ein dunkelgrünes combinirt. Bei prismatischer Analyse wird dann die blaue Lichtmasse schmäler, im Polarisationsapparat die Ringe abgerundeter.

bene Arrangement c). Durch die Combination monochromatischer und dichromatischer Gläser, welche in *hf* und *fg* eingesetzt werden, kann man jede beliebige Vereinigung der Farben zu vielfarbigen Beleuchtungen erhalten, die man durch Verdecken von *hf* oder *fg* sogleich in ihre Componenten zerlegt, ja man sieht, wenn man ein rothes und grünes Glas verbindet, die Newton'schen Ringe in weißer Beleuchtung gleichsam unter seinen Augen entstehen.

Um hiervon eine nähere Anschauung zu geben, habe ich in Fig. 3, 4, 5, 6 Taf. IV die Erscheinung zweier gekreuzter sehr flach geschliffener Gypskeile in rother, gelber, grüner und blauer Beleuchtung gezeichnet, wo die in der Zeichnung weissen Zwischenräume der dunklen Interferenzlinien in der entsprechenden Farbe erscheinend zu denken sind. Denkt man sich nun zwei dieser Zeichnungen übereinandergelegt, so erhält man die Phänomene der combinirten Beleuchtung. Da das den beiden Keilen gemeinsame Quadrat im Roth fünf, im Blau sieben Interferenzlinien zeigt, so ist die Abwechselung rother und blauer Streifen dann unmittelbar ersichtlich, da die Diagonale beider Farben gemeinsam schwarz erscheint. Eine sehr instructive Erscheinung erhält man, wenn man *fg* durch den Schieber verdeckt, nur einen Gypskeil betrachtet aber in *hf* ein Glas einsetzt, dessen eine Hälfte die eine Farbe, dessen andere die andere hindurchlässt. Das scharfe Absetzen der Interferenzstreifen tritt dann besonders klar hervor. Will man den Anteil anschaulich machen, welchen jede einzelne Farbe an der Erscheinung im weissen Licht nimmt, so wählt man in *hf* ein Glas, dessen eine Hälfte farblos, die andere hingegen farbig ist.

Es sind mir keine durchsichtigen Körper bekannt, welche homogenes Gelb durchlassen. Für diese Farbe wurde daher eine andere Anordnung getroffen. Der Spiegel *cd* wurde entfernt, in *ef* statt der Glasplatte der polarisirende Glassatz substituirt, und bei *b* die Collectivlinse aufgesetzt. Nahe in den Brennpunkt derselben wurde nun dicht hintereinander eine durch Kochsalz gelgefärbte Weingeist-

flamme auf der der Linse zugekehrten Seite gestellt und hinter derselben eine weisse Flamme, endlich zwischen beide die zum Färben dieser Flamme bestimmte Glasplatte. Da nun eine homogene Flamme durch andersfarbiges Licht durchstrahlt wird, so erhält man auf diese Weise die verlangte Combination.

In Ermangelung gut geschliffener Gypskeile kann man sich gut gekühlter Gläser oder Bergkrystall-Compensatoren bedienen.

Um das für die Interferenzen, wo gleiche Wege mit ungleicher Geschwindigkeit durchlaufen werden, gefundene auszudehnen auf Interferenzen, wo ungleiche Wege mit gleicher Geschwindigkeit durchlaufen werden, kann man sich dioptrischer Gitter bedienen.

Ich habe Pogg. Ann. Bd. 26, S. 310 gezeigt, dass wenn man durch zwei gekreuzte dicht vor das Auge gehaltene Glasgitter nach einer hell beleuchteten Oeffnung oder einer Lichtflamme blickt, man die prachtvolle Erscheinung der in den Quadranten verzogenen Spectra in großer Ausdehnung sieht, welche Fraunhofer auf der sechsten Tafel seiner Gitterversuche abgebildet hat. Die Zurückführung der schieß verzogenen Spectra auf die von der Wellenlänge abhängige scheinbare Ablenkung des Lichtes erhält man sehr schön durch Einschalten eines monochromatischen, dichromatischen oder dreifarbigem Glases, in welchem Falle man die unveränderten Bilder der Oeffnung in regelmäßigen Abständen, Systeme von Quadraten mit gemeinschaftlichen Ecken bilden sieht, und zwar im ersten Falle eins, im zweiten zwei u. s. f., oder durch Betrachtung monochromatischer Flammen. Bei Anwendung des Dichrooskops befindet sich die kreisförmige Oeffnung in einem in *he* eingesetzten Schieber. Sie wird durch die auf einander drehbaren Gitter aus der Weite des deutlichen Sehens betrachtet. Das abwechselnde Verdecken von *hf* und *gf* giebt die Componenten.

Für alle bisherigen Interferenzversuche ist es natürlich wünschenswerth die bei der Zusammenwirkung der Gläser sich geltend machenden homogenen Farben zu kennen. Man

erhält dies, wenn man die kreisrunde Oeffnung mit einer engen Spalte vertauscht und statt des gekreuzten oder einfachen Gitters ein stark brechendes Flintglasprisma anwendet. Man erhält in gleicher Weise wie vorher die zusammensetzenden Spectra und das Ergebnis ihrer Verbindung.

3) Zwischen dem belegten Spiegel *cd* und dem Planglase *ef* wird das drehbare Glimmerblatt eingeschaltet.

Man erhält hierdurch Combinationen von durch *ef* linear polarisirtem Lichte mit circularem oder elliptischem, welches aus *gf* zum Auge gelangt.

a) Ist ohne Farbengläser das Licht durch *gf* rechts circular, das durch *hf* einfallende linear, so zeigt das verschobene Kreuz in der Kalkspathplatte, dass das austretende Licht rechts elliptisch.

b) Ist ohne Farbengläser das Licht durch *gf* links circular, so giebt dies mit dem durch *hf* einfallenden linearen links elliptisches.

c) Ist durch Drehen des Glimmerblattes das Licht durch *gf* rechts oder links elliptisch, so bleibt es durch Combination mit dem linearen rechts und links elliptisch, nähert sich aber mehr dem linearen, welches es erreicht, wenn das Azimuth des Hauptschnittes 0° wird.

d) Setzt man ein farbiges Glas ein, um entweder das lineare oder das circulare (elliptische) Licht zu färben, so überwiegt die weisse Beleuchtung so, dass man entweder die Figur des circularen (elliptischen) oder die des linearen in weißer Beleuchtung zu sehen glaubt.

e) Setzt man hingegen zwei farbige Gläser ein, so erscheint die Farbenfolge in den Ringen der geraden Quadranten verschieden von denen in den ungeraden und abgesetzt, während das Kreuz sich verzieht und gefärbt erscheint in der Farbe des circularen (elliptischen) Lichtes.

4) Das Parallelglas wird mit dem polarisirenden Glassatz vertauscht und in *g* der belegte Spiegel eingesetzt.

- a) Der Glassatz wird so gestellt, dass das bei *fg* eintretende dann durch Refraction polarisirte Licht eine Intensität hat gleich der des bei *hf* eintretenden dann durch Reflexion senkrecht darauf polarisierten. Auf der Kalkspathplatte entsteht keine Figur, das Licht ist unpolarisiert.
- b) Bei *gf* wird der Schieber allmählich vorgeschoben und bei der immer steigenden Verschiedenheit der auf einander senkrecht polarisierten Lichtmassen geht das unpolarisierte Licht durch die Mittelstufe der theilweisen Polarisation in vollständig polarisiertes über. Man sieht die Erscheinung, als wenn zwei flache Prismen von Turmalin, deren Kanten der Axe des Krystals parallel sind, allmählich zu einer immer dicker werdenden Platte übereinander geschoben werden.
- c) Bei *hf* wird der Schieber allmählich vorgeschoben, nachdem der bei *gf* entfernt. Man erhält die Erscheinung, als wenn zwei Prismen von Rauchtopas (Rauchquarz) der Kante der Axe parallel, übereinandergeschoben werden.
- d) Man setzt in *hf* und *fg* farbige Gläser ein und erhält dann die Erscheinungen der dichroïtischen Krystalle, und zwar:
- α) Man entfernt die Kalkspathplatte und vertauscht den Nicol mit einem doppelbrechenden achromatischen Prisma. Man erhält nun, wenn bei *he* eine runde Oeffnung eingesetzt, zwei Bilder derselben in verschiedener Farbe, die bei der Drehung des analysirenden Prismas in einander übergehen. Dies ist die dichroïtische Lupe. Bei Anwendung des Nicols sieht man ein Bild seine Farbe ändern. Setzt man bei *hf* und *gf* gleichfarbige Gläser ein, und stellt den Glassatz so, dass die Brechung und Spiegelung polarisierten Lichtmengen ungleiche Intensität haben, so erhält man zwei Bilder gleicher Farbe und

ungleicher Intensität, das austretende Licht ist theilweise polarisiert. Dies repräsentiert die Krystalle, welche nur uneigentlich dichroitisch genannt werden, aber an dieselben sich dadurch anschliessen, dass sie als analysirende Vorrichtung angewendet, die Erscheinungen des Turmalins in schwächerem Grade hervorbringen. Ist hingegen die Intensität und Farbe gleich, so stellt die Vorrichtung die Platte eines doppelt-brechenden Krystals dar, der keine dichroischen Eigenschaften hat.

- $\beta)$ Man setzt die Kalkspathplatte ein und erhält nun die Erscheinungen, welche dichroitische Krystalle entwickeln, wenn jene als analysirende Vorrichtungen im Polarisationsapparat angewendet werden. Streng genommen, ist aber hier das die polarisirende Vorrichtung, was dort die analysirende ist und umgekehrt. Da nach dem Reciprociätsgesetz sich die eine Anordnung unmittelbar aus der anderen ergiebt, so habe ich der grösseren Bequemlichkeit wegen, hier die Anordnung der Apparate beibehalten, wie sie bei den vorhergehenden Versuchen war.

Von den nun eintretenden Erscheinungen, wird man am einfachsten sich eine Vorstellung bilden, wenn man das, was man in der Kalkspathplatte in einer bestimmten farbigen Beleuchtung bei zusammenfallenden Reflexionsebenen des polarisirenden und analysirenden Spiegels erhielt, gelegt denkt auf die Erscheinung, welche diese Platte entwickelt, wenn sie bei gekreuzten Spiegeln in einer anders farbigen Beleuchtung betrachtet wird. Die Ringe sind eine Combination zweier farbigen Ringsysteme mit hellem und dunklem Kreuz, welches daher lebhaft gefärbt erscheint in der Farbe, welcher das helle Kreuz entspricht. Die Farbenfolge der Ringe ist daher eine höchst eigenthümliche, wie besonders deutlich hervortritt, wenn man gut gekühlte Gläser betrachtet. Von der Farbe der Gläser hängt es ab, ob man das

nachbilden will, was man sieht, wenn man einen Dichroït, dichroïtischen Glimmer, einen Rubellit, Repidolith oder Rauchquarz als analysirende Vorrichtung anwendet. Im ersten Falle erscheint das Kreuz blau, im zweiten roth bei vorwaltend grünen Ringen, im Rubellit ist das Kreuz das Roth der Alpenrosen, im Repidolith tiefgrau beinahe schwarz wie in dunklen Rauchquarzen, während die Ringe braungelb erleuchtet erscheinen. Was man durch Drehung des analysirenden Nicols um 90° erhält, ist ersichtlich, wenn man die Erscheinung mit dunklem Kreuz für die eine Farbe sich in die mit hellem, für die andere Farbe hingegen die mit hellem in die mit dem dunkeln verändert denkt. Besonders schön ist, wenn man bei einem rothen und blauen Glase als analysirende Vorrichtung ein achromatisches Kalkspathprisma anwendet. Die Ringsysteme, das eine mit blauem, das andere mit rothem Kreuz durchschneiden einander dann theilweise.

Von den Farben, welche durch die Combination der Ringsysteme hervortreten können, bekommt man unmittelbar eine Anschauung, wenn man an der dem Auge zugewandten Vorderseite eine Längsspalte eingesetzt und diese durch ein Bergkristallprisma betrachtet. Durch das Uebereinandergreifen der beiden Spectra erhält man Farbeneindrücke, die man aus den Componenten nicht erwarten dürfte, entsprechend den Untersuchungen von Wünsch und Helmholtz. Die mitwirkenden Componenten erhält man aber in den verschiedenen Intensitätsverhältnissen, wenn man zwischen dem Bergkristallprisma und dem Auge einen drehbaren Nicol einschaltet.

- γ) Das Arrangement bleibt dasselbe nur wird bei *eh* das drehbare Glimmerblatt von $\frac{1}{4}$ Gangunterschied eingesetzt. Man sieht hier, dass rechts oder links circulares oder elliptisches Licht von einer bestimmten Farbe sich verbindet mit links oder rechts circularem oder elliptischem Licht einer anderen Farbe. Die hier eintretenden Erscheinungen geben einen Aufschluss über die

verwickelten Phänomene, welche man im Polarisationsapparate sieht, wenn man das circular polarisirende Glimmer- oder Gypsblättchen mit einem vertauscht, welches einen viel gröfsen Gangunterschied giebt.

Der Bedingung zur Entstehung der Circularpolarisation: gleiche Intensität zweier auf einander senkrecht polarisirten Lichtmengen, deren Gangunterschiede ein ungerades Vielfaches von Viertelundulation, kann bekanntlich auf zweierlei Weise genügt werden, durch zweimalige innere totale Reflexion in einem einfachbrechenden Körper oder durch Brechung in einem doppeltbrechenden. Der Bedingung der gleichen Intensität wird im ersten Falle entsprochen, daß das Azimuth der Reflexionsebene mit der primitiven Polarisationsebene $\pm 45^\circ$, im zweiten das der Haupt schnitte. Für totale Reflexion dient das Rhomboeder von Fresnel, oder wenn das Licht in der Axe des Instruments bleiben soll, das von mir angegebene Reversionsprisma (Berichte der Berl. Acad. 1851, S. 492 und Farbenlehre S. 240). Bei der totalen Reflexion ist der Gangunterschied bei n Reflexionen $\frac{n}{8}$, bei Anwendung doppeltbrechender Körper der Dicke des Blättchens und der doppeltbrechenden Kraft derselben proportional. Airy spaltet daher ein Glimmerblättchen¹⁾, bis es den geforderten Gangunterschied giebt, während bei Babinet's Compensator die Veränderung allmählich durch übereinandergeschobene Bergkrystallkeile erfolgt. In beiden Fällen wird bei gleichbleibender doppeltbrechender Kraft die Dicke verändert. Diese bleibt hingegen gleich bei veränderter doppeltbrechender Kraft, wenn man, wie ich (Pogg. Ann. Bd. 35, S. 579) gezeigt habe, die Circularpolarisation dadurch hervorruft, daß man zwischen der polarisirenden und analysirenden Vorrichtung eine Glasplatte preßt oder erwärmt. Da aber für die verschiedenen Stellen des Spectrums die Wellenlänge verschieden, so kann der Bedingung

1) Bei Darker ist dies ein Gypsblättchen und eine Combination mehrerer in dem schönen Apparat, den er *retardig Slide* nennt.

eines bestimmten Gangunterschiedes nur für eine bestimmte Farbe gleichzeitig entsprochen werden, und es ergiebt sich unmittelbar aus den Intensitätsformeln für die beiden durch Doppelbrechung getrennten Strahlen, daß mit zunehmender Dicke des Blättchens der zwischen den verschiedenen Farben in dieser Beziehung stattfindende Unterschied entsprechend zunimmt, so daß dieselbe Vorrichtung in dem einen Theile des linearpolarisirten Spectrums das Licht in circulares verwandelt, in einem andern in lineares, in andern in darauf senkrecht lineares mit allen Uebergängen durch rechts und links elliptisches. In den angeführten Versuchen über Circularpolarisation habe ich diels nachgewiesen, indem ich durch ein sich drehendes Prisma die einzelnen Theile des Spectrums über die Oeffnung des polarisirenden Nicols streichen ließ, wo man das Ringsystem des Kalkspaths, dann alle den verschiedenen Polarisationszuständen entsprechende Formänderungen in den einzelnen Farben durchlaufen sieht, woraus die dann im weissen Licht hervortretende sehr verwickelte Erscheinung ihre unmittelbare Erklärung findet. Das Dichrooskop gibt nun eine andere Ableitung derselben Erscheinung. Schaltet man nämlich das Glimmerblatt bei he ein und setzt in hf ein blaues, in gf ein rothes Glas, so sieht man bei Verdecken von fg die in den Quadranten abgesetzten Ringsysteme in rechts circularem (elliptischem) Licht, verdeckt man hf , die in den Quadranten abgesetzten Ringe in rother Beleuchtung in links circularem (elliptischem) bei Entfernung der Schieber, das Kreuz, dessen Aeste nach der einen Seite hin anders gefärbt sind als nach der anderen.

Der von mir angebene Polarisationsapparat gestattet die Erscheinungen objectiv darzustellen. Es ist nur nöthig durch die Collectivlinse eine intensive Lichtquelle auf der Oeffnung des polarisirenden Nicols zu concentriren und die Ocularlinse von dem analysirenden Nicol durch Annäherung an dem polarisirenden zu entfernen. Das aus dem analysirenden Nicol austretende Licht wird dann auf einer weissen Fläche aufgefangen, wo das Ringsystem sich in ent-

sprechender Grösse darstellt. Ich habe dies nicht auf das Dichrooskop angewendet, denn in der That ist die Verdunkelung der objectiven Bilder schon sehr erheblich, wenn man vor das es betrachtende Auge ein tief farbiges Glas einschaltet.

Will man das Dichrooskop mit dem Nörrenberg'schen Apparat verbinden, so kann es folgende Einrichtung erhalten. Für die Zusammensetzung der Interferenzfarben fügt man der polarisirenden Glasplatte eine zweite ihr parallele hinzu. Die farbigen Gläser stehen dann in derselben lothrechten Ebene übereinander. Für die Nachbildung der dichroïtischen Erscheinungen stellt man die beiden Glasplatten so, dass ihre Reflexionsebenen auf einander senkrecht stehen. Wegen der Schwierigkeit der Beleuchtung wird man den Apparat nur in unmittelbarer Nähe des Fensters gebrauchen können, welches wegen des Nebenlichtes die Intensität der Polarisationsfarben stark beeinträchtigt. In dieser Beziehung ist entschieden ein Apparat vorzuziehen, der indem er wie ein Fernrohr direct nach der Lichtquelle gerichtet werden kann, ebenso gut bei Tage als bei Abend auf jeder Stelle eines Zimmers gebraucht werden kann, und der wenn er der Weltaxe parallel gestellt wird, nach dem (Pogg. Ann. Bd. 35, S. 596) angegebenen Verfahren unmittelbar als Sonnenuhr, auch wenn nur Dämmerung ist, gebraucht werden kann, eine Anwendung, welche ich (Maas und Messen S. 62) 1845 angegeben habe, 10 Jahr früher, ehe diese Apparate als Polaruhren unter einem besonderen Namen erschienen.

Das hier beschriebene Dichrooskop ist vom Mechanikus Langhoff in mehreren Exemplaren sehr zweckmäsig angefertigt werden.

VI.

Al-

vorh-

Bezi-

theil-

1)

2)

3)

4)

VI. Ueber die Absorption des Lichtes in doppeltbrechenden Körpern; von H. W. Dove.

Alle doppeltbrechenden Körper zerfallen nach den in der vorhergehenden Abhandlung erläuterten Erscheinungen in Beziehung auf die Absorption des Lichtes in folgende Abtheilungen:

- 1) Die Doppelbrechung erfolgt ohne Absorption. Dies sind die farblosen doppeltbrechenden Krystalle. Das austretende Licht ist farblos und unpolarisiert durch Uebereinanderlegen zweier auf einander senkrecht polarisirter Lichtmengen gleicher Intensität. In der dichroïtischen Lupe geben sie farblose Bilder gleicher Intensität.
- 2) Die Doppelbrechung erfolgt mit Absorption und zwar für alle Farben beider Strahlen. Dies sind die un-durchsichtigen doppeltbrechenden Krystalle. Ihre doppelbrechende Eigenschaft kann nur ermittelt werden durch Ablenkung der Polarisationsebene eines auf ihre Oberfläche fallenden polarisierten Lichtes und dadurch unterscheiden sie sich von den einfach brechenden un-durchsichtigen Krystallen.
- 3) Die Doppelbrechung erfolgt mit Absorption, diese ist aber für den ordentlichen und außerordentlichen Strahl, in dem Sinne, in welchem dieser Ausdruck auch für optisch zweiaxige Krystalle gebraucht wird, dieselbe. Dieses sind die farbigen (möglicher Weise grauen) nicht dichroïtischen doppeltbrechenden Körper. Sie geben gleichfarbige Bilder gleicher Intensität in der Haidinger'schen Lupe.
- 4) Die Absorption erfolgt in der Weise, dass der ordentliche und außerordentliche Strahl an Farbe gleich aber an Intensität verschieden sind. Sie geben ungleich helle Bilder gleicher Farbe in der Lupe und das aus ihnen austretende Licht ist theilweise polarisiert. Diese Po-

larisation erfolgt im Sinne des ordentlichen oder außerordentlichen Strahls, je nachdem $J_o > J_e$ oder $J_o < J_e$. Sie können als Polarisatoren unmittelbar angewendet werden, welches bei der ersten und zweiten Klasse nur dann stattfindet, wenn sie als Prisma das außerordentliche Bild neben das ordentliche legen oder wenn, wie im Nicol'schen Prisma erfolgt, man die Richtung des einen Strahls unverändert lässt, während man die des andern so verändert, dass es überhaupt nicht zum Auge gelangt. Der Uebergang von 1) in 4) zeigt sich sehr schön an Platten der Elbaer Turmaline, die aus dem Farblosen in immer tieferes Violett übergehen. Würden alle Farben gleichmäßig absorbirt in dem einen Strahl und gar nicht in dem andern, so würden solche Turmaline dasselbe leisten, wie ein Nicol, aber ihm erheblich vorzuziehen seyn wegen geringer Dicke der Platte. Die stark polarisirenden grünen und ledergelben Turmaline nähern sich nur diesem Nicol durch die eine stets überwiegend bleibende Farbe.

- 5) Die Absorption ist abhängig von der Schwingungsdauer und der Fortpflanzungsgeschwindigkeit des Lichtes, der ordentliche und außerordentliche Strahl haben daher verschiedene Farbe und verschiedene Intensität in der Lupe. Dies sind die eigentlichen dichroitischen Krystalle. Sie unterscheiden sich als Polarisatoren angewendet dadurch, dass die Farben der Ringe andere und das diese durchschneidende Kreuz mehr oder minder intensiv gefärbt (Dichroït, Rubellit, Glimmer, Repidolith und die durch Färbung von Sénarmont erhaltenen künstlichen dichroitischen Krystalle).
- 6) Da mit Verminderung des Unterschiedes der Intensitäten des ordentlichen und außerordentlichen Strahles die einseitig polarisirende Wirkung der dichroitischen Krystalle abnimmt, so tritt als Gränzfall der ein, dass die durch Doppelbrechung entstehenden Bilder bei gleicher Intensität ungleiche Farbe haben. Ob der

Fall dichroïtischer Färbung ohne einseitig polarisirende Wirkung in aller Strenge erfüllt ist, lässt sich schwer ermitteln aber annähernd ist dies allerdings der Fall. Der Glimmer von Jefferson County, der früher wegen seines großen Magnesia gehaltes für einaxig galt, und von dem ich (Pogg. Ann. Bd. 58, S. 158) nachgewiesen habe, dass er zweiaxig sey, welcher in der dichroïtischen Lupe ein braungelbes und hellgelbes Bild zeigt und als analysirende Vorrichtung ein System von rothen und blaßgrünen Ringen entwickelt, zeigt, mit einem rothen Ueberfangglase combinirt, keine Spur von Ringen.

Die theoretische Untersuchung der dichroïtischen Erscheinungen erheischt die Bestimmung der Zusammenwirkung zweier ungleichfarbiger senkrecht auf einander polarisirter Strahlen im Allgemeinen von ungleicher Amplitude. Graülich hat in seinen Beiträgen zur Theorie gemischter Farben eine einfachere Aufgabe ausführlich behandelt, die nämlich, dass unter Voraussetzung einer gleichen Amplitude verschiedene farbige Strahlen in derselben Ebene polarisiert sind. Was den resultirenden Farbeneindruck betrifft, so ist dieser unabhängig davon, ob die Polarisationsebene zusammenfällt oder nicht, wovon man sich auch durch das Dichrooskop überzeugen kann. Man braucht nur bei der Stellung, wo die Lichtmenge des durch Brechung und des durch Spiegelung durch den Glassatz polarisierten verschiedenen farbigen Lichtes gleich sind, die dann hervortretenden Farben durch bloßen Anblick oder durch prismatische Analyse mit denen zu vergleichen, welche dieselben farbigen Gläser entwickeln, wenn das durch sie hindurchgegangene Licht gesondert von zwei parallelen Glasplatten, die hinter einander gestellt sind, in derselben Ebene polarisiert sind. Was aber die Gestalt der resultirenden Schwingung und den Gesamteffect des aus der continuirlich sich ändernden Polarisationsweise resultirenden Lichtes betrifft, so ist hier zunächst die einfache Frage zu beantworten, ob verschieden farbiges Licht gleicher Intensität in zwei auf einander senkrecht-

ten Ebenen polarisiert sich wie unpolarisiertes verhält. Man sieht ohne Weiteres, dass die resultirende Schwingung nach einander alle die verschiedenen Polarisationsarten stetig durchläuft, welches eben eine Schwingungsart ist, auf welche Porro die wirkliche Schwingung des unpolarisierten Lichtes zurückführt. Der experimentale Beweis, dass dieses Licht wie unpolarisiertes sich verhält, ist aber schwer zu geben, denn über die relative Helligkeit der aus diesem Licht durch ein doppeltbrechendes Prisma hervorgerufenen zwei verschiedenen farbigen Bilder vermag das Auge so wenig zu entscheiden, dass ein tief rothes und blaues Bild, wo sie über einandergehend rosa erscheinen, eher an dieser Stelle weniger hell erscheinen, als wo sie getrennt sind. Durchstrahlt dieses Licht aber doppeltbrechende Körper, so treten die stärksten Interferenzerscheinungen auf, wo sie sich bei gleichfarbigem Licht vollständig neutralisiren.

So wie aus der nach drei auf einander senkrechten Richtungen verschiedenen Elasticität nur zwei Strahlen resultieren, die mit ungleicher Geschwindigkeit die verschiedenen Richtungen eines Krystals durchlaufen, so habe ich stets hier nur vom Dichroismus gesprochen in Beziehung auf diese beiden Strahlen. Die Frage, wie dieser Dichroismus auf einen Trichoismus in der Richtung jener drei Axen zurückgeführt werden könnte, ist eine andere, auf welche ich hier nicht eingehen. Besonders interessant wäre es zu untersuchen, wie sich die Vertheilung der Farbe in der durch die conische Refraction entstehenden Lichtscheibe verhält.

Betrachtet man eine senkrecht auf die Axe geschliffene Turmalinplatte durch die dichroitische Lupe, so erscheinen beide Bilder gleichfarbig und gleich hell. Als analysirende Vorrichtung angewendet entwickelt sie in einer Kalkspathplatte keine Interferenzringe. In der Richtung, in welcher sich die doppelte Brechung in eine einfache verwandelt, finden also keine dichroitischen Erscheinungen statt. Diese Betrachtung hatte mich veranlaßt, die polarisirende Wirkung als Kennzeichen anzuwenden, um darüber zu ent-

scheiden, ob ein Glimmer einaxig oder zweiaxig sey, da selbst, wenn die optischen Axen einen unmefbar kleinen Winkel mit einander bilden, doch dadurch die Lage zweier Hauptschnitte bestimmt wird, während die Lage des Hauptschnitts bei senkrechter Stellung der Axe unbestimmt bleibt. Nun hat aber Fresnel die Erscheinungen des Bergkrystals im polarisirten Licht darauf zurückgeführt, daß dessen Axe mit ungleicher Geschwindigkeit von zwei Strahlen durchlaufen wird, von denen der eine rechts circular, der andere links circular, und durch eine Combination von Quarzprismen diese Strahlen wirklich gesondert, endlich Airy sämmtliche Polarisationsphänomene des Quarzes darauf zurückgeführt, daß das in der Richtung der Axe circulare Licht mehr gegen die Axe geneigt durch elliptisches in lineares senkrecht auf der Axe übergeht. Es schien mir daher nicht unwahrscheinlich, durch dichroïtische Bergkrystalle diese Ansichten einer neuen Prüfung unterwerfen zu können.

Brewster hat nachgewiesen, daß die Amethyste aus rechts und links drehenden Bergkrystallen bestehen und ich habe später gezeigt, daß dies auch für Bergkrystalle gilt, welche auf den Pyramidalflächen abwechselnd matte und glänzende Stellen zeigen, oder roth und grün angefahren erscheinen, endlich von den sehr seltnen Individuen, an welchen beiderlei Trapezflächen vorkommen. Wollte man alle Verwachsungen rechts und links drehender Bergkrystalle Amethyste nennen, so müßte man also die farblosen von den farbigen unterscheiden.

Eine große Platte eines Brasilianischen Amethyst, senkrecht auf die Axe geschliffen, bis auf eine schmale gelbliche Stelle vollkommen farblos, welche die charakteristischen Erscheinungen des Amethyst im Polarisationsapparat in ausgezeichneter Weise entwickelt, gab keine Spur weder von Dichroïsmus in der Lupe, noch von polarisirender Wirkung als analysirende Vorrichtung. Ebenso verhielten sich sämmtliche von mir früher untersuchte aus rechts und links drehenden Theilen bestehende farblose Bergkrystalle, von denen ich sehr bezeichnende Stücke untersuchen konnte, ebenso

die künstliche Nachbildung derselben von Soleil durch keilförmiges Zusammensetzen rechts und links drehender Individuen. Ebenso wenig fand ich an geschliffenen Rauchquarzen, welche senkrecht auf die Axe stark linear polarisiren, Dichroismus in der Richtung der Axe, und von polarisirender Wirkung so schwache Spuren, dass ich darüber nichts entscheiden konnte. Anders hingegen verhielten sich senkrecht auf die Axe geschliffene Platten der tief violetten Amethyste, bei denen die Färbung in den eigenthümlichen bandartigen unter stumpfen Winkeln zusammenstoßenden Streifen vertheilt war. In der dichroïtischen Lupe erscheinen diese Streifen in der Weise verschieden, dass die violetten Streifen in dem einen Bilde den hellen in dem andern entsprechen und umgekehrt.

Da in den rechts drehenden Quarzen die rechts circulare Schwingung, in den links drehenden die links circulare mit gröfserer Geschwindigkeit fortgepflanzt wird, beide aber unter Voraussetzung gleicher Intensität linear polarisiertes Licht geben, dessen Polarisationsebene mit der primitiven des geradlinig polarisierten Strahles einen Winkel nach der rechten oder linken Seite hin macht, so sieht man leicht ein, welchen Einfluss bei Amethysten, welche aus rechts und links drehenden Theilen bestehen, die bei dem Dichroismus hervortretende ungleiche Absorption hervorufen kann. Unter der Voraussetzung, dass der links circulare Strahl vollständig vernichtet werde, wird das austretende Licht rechts circular seyn, hingegen links circular, wenn der rechts circulare Strahl vollständig absorbirt wird. Zwischen diesen beiden Extremen, deren Mitte das geradlinig polarisierte Licht bei gleicher Intensität beider Strahlen bildet, liegen alle Mittelstufen des elliptischen Lichthes. Bei der ungleichen Vertheilung der die Absorption bedingenden Färbung in den Amethysten hat man also, je nachdem man verschiedene Stellen bei dem Auge vorüberführt, diese verschiedenen Fälle zu erwarten, und dies ist in der That der Fall, wobei zu beachten ist, dass in der gesehenen Erscheinung sich diese Phänomene über einanderlegen können,

wenn verschieden wirkende Theile gleichzeitig vor die Pupille treten. Bei Anwendung der Amethyste als analysirende Vorrichtung habe ich auf diese Weise vom linear polarisirten Licht an groſſe Annäherung durch elliptisches Licht an rechts und links circulares erhalten, ohne dieses je zu erreichen.

Der Quarz bildet auf diese Weise, wenn er dichroitisch ist, einen Polarisationsapparat eigenthümlicher Art. Wäre die absorbirende Kraft so stark wie bei dem Termalin, so würde, wenn man bei den aus rechts und links drehenden Individuen die verschiedenen wirkenden Theile mechanisch sonderte, man zwei Apparate erhalten, von denen der eine senkrecht auf die Axe linear polarisirtes Licht austreten ließe, schief gegen dieselbe rechts elliptisches, in der Richtung der Axe rechts circulares, der andere in den entsprechenden Richtungen lineares, links elliptisches und links circulares.

Der Mangel der Erscheinung bei dem Rauchquarz führt zu der Annahme, daß die senkrecht auf die Axe verschiedene Absorption in der Richtung der Axe gleich wird oder sich wenigstens, wenn dort eine schwache Wirkung stattfindet, der Gleichheit nähert. Der Mangel der Erscheinung in den farblosen Verwachsungen rechts und links drehender Individuen beweist, daß in der Zwillingsbildung als solcher der Grund nicht liegt. Es ist also weder diese, noch die Färbung als solche, sondern eine bestimmte, welche das Bedingende ist. Bei schief geschnittenen Amethystplatten, welche die geradlinigen Interferenzstreifen geben, zeigen sich Polarisationswirkungen analog denen in der Richtung der Axe, doch konnte ich nicht darüber entscheiden, ob sie sich der linearen Polarisation mehr nähern.

VII. Optische Notizen; von H. W. Dove.

1. Ueber Kalkspathzwillinge.

In Pogg. Ann. Bd. 107 S. 333 hat Hr. Pfaff die Erscheinungen beschrieben, welche geprefste auf die Axe senkrecht geschliffene Kalkspathplatten im Polarisationsapparat zeigen und sie Fig. 10 bis 14 abgebildet. Bei dem Anblick dieser Zeichnungen fiel es mir auf, daß diese so genau die Erscheinungen auf die Axe geschliffener Kalkspathzwillinge zeigen, daß ich ehe ich die Abhandlung gelesen, glaubte, es sey dies die Darstellung solcher Zwillinge, von denen ich die Nachbildung der einen durch Einschalten eines Glimmerblattes zwischen zwei centriren Kalkspathplatten erhalten und in den Versuchen über Circularpolarisation beschrieben habe. Ich besitze noch 5 Platten von jener Zeit her und auch andere haben sich von der Uebereinstimmung der Figuren mit den in diesen Platten hervortretenden Ringsystemen überzeugt. Die Beobachtung des Hrn. Pfaff scheint mir dadurch an Interesse zu gewinnen, daß aus ihr hervorgeht, daß eine Zwillingsbildung möglicherweise durch einen einfachen mechanischen Druck hervorgerufen werden kann.

2. Ueber flatternde Herzen.

Die von Wheatstone gemachte Beobachtung, daß ein in lebhaften Farben auf einen anders farbigen Grund ausgeführtes Bild rasch hin- und herbewegt, auf dem Grunde zu schwanken scheint, habe ich, gestützt auf die von Brewster zuerst gemachte Wahrnehmung, daß auf einer geognostischen Charte blau und roth nicht in einer Ebene zu liegen scheinen, durch eine scheinbare Parallaxe erklärt. Bewegt nämlich das Blatt sich in einer Ebene, so beschreibt das Bild und der Grund gleich große Tangenten an Kreisen, deren Radien wir verschieden annehmen, eine An-

sicht, die dadurch wahrscheinlich wird, dass diese Täuschung am deutlichsten im indirecten Sehen hervortritt, wo bei dem Nichtachromatismus des Auges stärker sich geltend macht als bei dem directen Sehen. Nun habe ich aber durch vielfache Versuche gezeigt, dass die Beurtheilung einer Entfernung durch binoculares Sehen erfolgt, nicht durch monoculares, und es schien mir daher wahrscheinlich, dass der Einfluss, welchen selbst bei binocularem Sehen die Nichtachromasie des Auges auf die Beurtheilung der Entfernung äusser, in erhöhtem Maasse eintreten müsse bei monocularem Sehen. Natürlich müssen, wenn es sich um eine genauere Untersuchung die Achromasie betreffender Erscheinungen handelt, Farben des Spectrums angewendet werden.

Stellt man einen dunkeln Schirm mit einer mehrere Millimeter weiten Oeffnung vor eine helle Lichtflamme, und betrachtet dieselbe durch ein dicht vor die Augen gehaltenes gekreuztes Glasgitter, so sieht man die auf der sechsten Tafel der Fraunhofer'schen Gitterversuche dargestellte Erscheinung der in den vier Quadranten verzogenen Spectra in grösster Ausdehnung. Hier hat man also in derselben Ebene eine grosse Anzahl von Abwechselungen verschiedener Farben. Diese erscheinen aber durchaus nicht in einer Ebene, die Spectra erscheinen nämlich in der Weise, dass sie den Eindruck machen von Cometen, deren rothe Köpfe dem Beobachter sämmtlich zugekehrt sind, während die blauen Schweife abgewendet. Ich erkläre mir diesen Eindruck dadurch, dass indem das Auge, welches für roth weitsichtiger ist als für blau, sich den mittleren Strahlen anpasst, das Roth ihm zu nahe, das Blau ihm zu fern erscheint. Schaltet man nun zwischen dem Gitter und dem Auge ein tief violettes Glas ein, so sieht man die kreisrunden rothen Bilder die Ecken von Schachbrettartig vertheilten Quadraten bilden, deren Seiten grösser sind als die der blauen Bilder, welche in ähnliche Quadrate vertheilt sind.

Die Ebene dieser Quadrate scheint nun erheblich hin-

ter der der rothen zu liegen und wenn man ein Glas anwendet, welches noch grüne Bilder jenen beiden hinzugefügt, so sieht man die Vertheilung in drei Ebenen, von welchen die der grünen Bilder die mittlere Stelle einnimmt. Ich habe, um gegen Täuschung sicher zu seyn, die Versuche auch von andern mit gleichem Erfolge wiederholen lassen.

Es wurde nun durch dieselbe Oeffnung in einen dunkeln Raum Sonnenlicht eingelassen und durch eine hinter das Gitter gestellte Collectivlinse die Spectra objectiv auf einem weissen Schirm projicirt. Die Erscheinung tritt hier bei den kleineren Dimensionen des Bildes weniger auffallend hervor, aber bei monocularer Betrachtung entschieden auffallender als bei binocularer.

Es ist aus diesen Versuchen unmittelbar ersichtlich, warum nach der gegebenen Erklärung ein rothes Bild auf grünem Grund sich weniger zu verschieben scheint als ein rothes auf blauem.

3. Ueber die Reflexion des Lichtes von rauhen Flächen.

Bekanntlich hat Fresnel die Erscheinung, dass eine mattgeschliffene Glasplatte unter schiefer Incidenz des Lichtes röthlich erscheint, auf eine äusserst sinnreiche Weise dadurch erklärt, dass wegen der grössern Wellenlänge des rothen Lichtes für dieses Licht die Platte bereits spiegelnd wirke, während sie das blaue und violette Licht wegen seiner kürzeren Wellenlängen noch zerstreue. Neuerdings hat Hankel die Fresnel'sche Erklärung dadurch zu erhärten gesucht, dass er nachgewiesen, dass nach der Feinheit des Schliffes die Färbung bei verschiedenen Einfallswinkeln auftritt, auch einen prismatischen Versuch ange stellt, bei welchen »wenn das spiegelnd zurückgeworfene rothe Licht auf das Auge fällt, das Roth im Spectrum außerordentlich stark strahlend und leuchtend wird, während an den übrigen Farben keine Aenderung zu bemerken ist.« Da man aber auf sehr verschiedenem Wege die Fresnel'sche Erklärung ganz direct prüfen kann, so werde ich hier die Methoden, wie dies geschieht, angeben.

Dicht neben eine Lichtflamme wurde horizontal eine mattgeschliffene Glasplatte gelegt, welche ihre untere Hälfte verdeckte, so dass wenn das Auge nahe in der Ebene der Platte, das Spiegelbild derselben sich unmittelbar an die Flamme als Verlängerung derselben nach Unten anschloß. Betrachtet man beide aus einer etwas grössern Entfernung als der Weite des deutlichen Sehens durch ein dickes Kobaltglas, so erscheint wegen der Nichtachromasie des Auges die rothe Flamme in der blauen, die in einem intensiven Rande sie und ihr Bild umhüllt. Erhöht man nun das Auge über die Fläche der Scheibe allmählich, so verschwindet diese blaue Umsäumung im Spiegelbilde zuletzt vollständig.

Verdeckt man die Flamme dicht an der Glasplatte durch eine kleine Oeffnung und betrachtet sie und ihr Spiegelbild durch ein vor das Auge gehaltenes gekreuztes Gitter, so verschwindet das violette Ende in den Spectris der gespiegelten Oeffnung in gleicher Weise.

Dasselbe erfolgt, wenn man eine Längsspalte aufstellt, deren obere Hälfte durch das directe, die untere durch das gespiegelte Licht beleuchtet ist und beide durch ein Flintglasprisma von 60° betrachtet.

Noch überzeugender wird der Versuch, wenn das Prisma von Bergkrystall ist, wo das violette Ende des einen Spectrums das rothe Ende des andern übergreift, und jenes eigenthümliche lebhafte Roth erzeugt, welches im Spectrum nicht vorkommt. Das Verschwinden des violetten Antheils und das Uebergehen in das homogene Roth des einen Spectrums tritt hier in derselben Weise hervor, als wenn man durch einen zwischen dem Bergkrystallprisma und dem Auge eingeschalteten Nicol das eine Spectrum durch Drehen des Nicols zum Verschwinden bringt.

Combinirt man in den vorigen Versuchen die Gitter oder Prismen mit einem dichromatischen die Mitte des Spectrums verlöschenden Glase, so erhält man das Verschwinden der gesonderten blauen Lichtmasse, während die rothe bleibt.

4. Ein Gitterversuch.

Ein den Unterschied der Wellenlängen für die verschiedenen Farben besonders klardarstellender Versuch ist folgender. Man beleuchtet den Glassatz im Dichrooskop durch verschiedene farbige Gläser, setzt, nachdem man bei *he* eine kleine Oeffnung angebracht hat, in *a* ein doppelt brechendes Prisma ein, und blickt in dasselbe durch ein einfaches unmittelbar vor das Auge gehaltenes Gitter, dessen Linien der Verbindungslien der beiden Bilder parallel sind. Man erblickt nun statt der Seitenspectra die Wiederholungen der beiden verschiedenen farbigen Oeffnungen in den den Wellenlängen der Farben entsprechenden Abständen in zwei einander parallelen geraden Linien. Durch dieses Gitter oder ein gleichseitiges Flintglasprisma enthält man zugleich die Analyse der Farbenantheile, welche in beiden Bildern zusammen treten, wenn man das doppeltbrechende Prisma allmählich dreht und dadurch die Erläuterung der entsprechenden Farbenveränderungen in der dichroïtischen Lupe.

VIII. Eine Bemerkung über die Flüssigkeiten, welche die Polarisationsebene des Lichtes drehen; von H. W. Dove.

Nachdem es gelungen ist, die Erscheinungen, welche der Bergkrystall in der Richtung der Axe zeigt, darauf zurückzuführen, daß derselbe mit ungleicher Geschwindigkeit von einem rechts und links circular polarisirten Strahle durchlaufen werde, erscheint die Annahme gerechtfertigt, daß dasselbe in Flüssigkeiten erfolge, welche die Eigenschaft zeigen, die Polarisationsebene linear polarisirt einfallenden Lichtes proportional der Länge des von diesem in ihnen durchlaufenen Weges nach der Rechten oder Linken hin abzulenken, mag diese Eigenschaft ihnen ursprünglich in-

wohnen, oder durch sie umfließende elektrische Ströme erst in ihnen hervorgerufen oder die bereits vorhandene modifizirt werden. Die Annahme einer doppeltbrechenden Kraft in Flüssigkeiten hat, da jene sich in allen festen Körpern so innig an die krystallinische Structur derselben anschließt, dass sie diese vorauszusetzen scheint, etwas so wenig wahrscheinliches, dass es auffallend erscheint, dass das von Fresnel angewendete Verfahren, die circulare Doppelbrechung in der Richtung der Axe des Bergkrystals nachzuweisen, nicht auf eine Combination von Flüssigkeitsprismen ausgedehnt worden ist, von denen die eine rechts, die andere links dreht. Solche Versuche sind vielleicht mit negativem Erfolge angestellt, aber so viel mir bekannt ist, nicht veröffentlicht worden.

Der von mir am Amethyst in der Richtung der Axe nachgewiesene Dichroismus und die aus demselben hervorgehende polarisirende Wirkung desselben, schien mir ein Mittel anzudeuten, die hier angeregte Frage einer Prüfung zu unterwerfen. Ich habe eine concentrirte Zuckerslösung durch übermangansaures Kali und durch Indigo gefärbt, ebenso Terpentin durch Bernsteinlack, und diese unmittelbar und dann auch unter dem Einflus eines Ruinckorff'schen Apparates, welcher die Polarisationsebene des in die Flüssigkeit eintretenden Lichtes sehr deutlich drehte, darauf untersucht, ob sie als polarisirende oder analysirende Vorrichtung angewendet irgend wirksam sich zeigten aber dies nicht gefunden. Die Farbstoffe waren so angewendet, dass eben noch die Intensität des Lichtes ausreichte, um durch die Flüssigkeitssäule hindurch sich von dem Nichtvorhandenseyn der polarisirenden Wirkung zu überzeugen, und wenn man bedenkt, wie gering die Menge des Farbstoffs im Amethyst ist, wird dies als ausreichend betrachtet werden dürfen. Aber negative Ergebnisse entscheiden nie darüber, ob kräftigere Apparate oder eine andere Wahl der Farbstoffe und Flüssigkeiten nicht ein positives Resultat geben würden. Meine Absicht bei Veröffentlichung dieser Versuche ist daher nur, die Aufmerksamkeit auf eine

Frage zu lenken, deren Beantwortung, in welchem Sinne sie auch erfolgt, gleiches Interesse darbietet.

IX. *Chemisch-analytische Beiträge;* *von Heinr. Rose.*

Trennung der Thonerde von der Kalkerde.

Bei dem gewöhnlichen Gange der Untersuchung, den man bis jetzt allgemein befolgt hat, pflegte man diese Basen durch Ammoniak zu trennen. Obgleich die Kalkerde durch eine Ammoniakflüssigkeit, welche vollkommen frei von kohlensaurem Ammoniak ist, nicht gefällt wird, so ist diese Art der Trennung unangenehm, da man sorgfältig bei der Operation den Zutritt der atmosphärischen Luft abhalten muss, durch welche sich kohlensaure Kalkerde erzeugt, welche die Thonerde verunreinigen kann. Man hat dieselbe Schwierigkeit, wenn man die Lösung der Basen mit Ammoniak der Sättigung nahe bringt, und die Thonerde dann durch Schwefelammonium fällt. Es ist bei diesen Fällungen durchaus nötig, die Thonerde, wenn man nicht zu kleine Mengen erhalten hat, noch einmal in Chlorwasserstoffsäure oder in einer anderen Säure aufzulösen, und von Neuem mit Ammoniak zu fällen, um sich zu überzeugen, ob in der abfiltrirten Flüssigkeit noch Kalkerde enthalten ist, oder nicht.

Durch eine sehr einfache Vorsichtsmafsregel kann man indessen alle Ungenauigkeiten und alle Unannehmlichkeiten bei der Fällung der Thonerde vermeiden, und ein sehr genaues Resultat erzielen. Nachdem man nämlich die Thonerde durch Uebersättigung mit Ammoniak gefällt hat, bringt man das Ganze bis zum leisen Kochen und unterhält dasselbe so lange, bis kein Geruch nach freiem Ammoniak mehr zu bemerken ist. Es wird dadurch die Thonerde

vollständig gefällt, und man braucht statt des Ammoniaks nicht Schwefelammonium anzuwenden, was gewiß nur angenehm seyn kann. Denn der Nachtheil bei der Fällung der Thonerde durch Ammoniak besteht nur darin, daß man ein Uebermaß desselben anwendet, wodurch etwas Thonerde aufgelöst wird. Man hat aber nun den großen Vortheil, das Filtriren der Thonerde mit Bequemlichkeit vornehmen zu können; man braucht sich nicht damit zu über-eilen, und den Zutritt der Luft mit Aengstlichkeit auszuschließen. Es ist ferner nicht nothwendig, eine Ammoniakflüssigkeit anzuwenden, die man mit Sorgfalt von jeder Spur von kohlensaurem Ammoniak befreit hat; man kann selbst nach der Fällung mit Ammoniak das Ganze vor dem Filtriren so lange stehen lassen, daß die Thonerde sichtlich mit kohlensaurer Kalkerde verunreinigt ist. Durchs Kochen wird alle gefällte kohlensaure Kalkerde durch das vorhandene ammoniakalische Salz zersetzt und vollständig wieder aufgelöst.

Es versteht sich, daß in der Lösung so viel Chlorammonium oder ein anderes ammoniakalisches Salz vorhanden sey, daß die Auflösung der kohlensauren Kalkerde durchs Erhitzen möglich wird.

Man stößt hierbei bisweilen auf einen unangenehmen Umstand. Wenn gefällte Thonerde längere Zeit mit der Flüssigkeit, aus welcher sie gefällt worden, gekocht worden ist, so ist sie oft von einer so gelatinösen Beschaffenheit, daß sie, wenn sie ausgewaschen werden soll, die Poren des Filtrums vollkommen verstopft, und kein Waschwasser hindurchläßt. Sie ist dabei vollkommen durchscheinend. Eine Thonerde von dieser Beschaffenheit muß man, wie Gr. Schafgotsch gezeigt hat, auf folgende Weise behandeln: Nachdem sie auf das Filtrum gebracht, wird dieselbe gar nicht ausgewaschen, sondern, nachdem alle Flüssigkeit vollständig abgetropfelt ist, bringt man sie mit dem Trichter in das Trockenspinde, und setzt sie so lange einer gelindnen Hitze aus, bis sie ein geringeres Volumen eingenommen hat, halb trocken geworden ist, und gegen das Papier des Fil-

trums gedrückt, dieses noch benetzt. Wenn man sie dann mit Wasser, namentlich mit heißem, übergießt, so lässt sie sich gut und vollkommen auswaschen. Hat man den Niederschlag zu stark getrocknet, so dass er beim Drücken das Papier nicht mehr benetzt, und hornartig geworden ist, so lässt er sich nicht gut vom Wasser durchdringen; er schwimmt auf demselben und kann nicht gut ausgewaschen werden. — Die gallertartige Thonerde, welche man durchs Kochen erhält, löst sich auch im feuchten Zustand etwas schwer in Chlorwasserstoffsaure auf, wie überhaupt Thonerde, die heiß gefällt worden ist.

Sehr kleine Mengen von Kalkerde können von der Thonerde auch auf folgende Weise getrennt werden: Man fügt zu der Auflösung etwas Weinstinsäure, und übersättigt sie darauf vermittelst Ammoniaks. Wenn Kalkerde allein in der Lösung enthalten wäre, so würde weinstein-saure Kalkerde gefällt werden, ist indessen in der Lösung neben der Kalkerde eine nicht zu geringe Menge von Thonerde (oder von einer anderen Base von der Zusammensetzung $R^2 O^3$), so erfolgt bei Gegenwart von Weinstinsäure durch Uebersättigung mit Ammoniak keine Fällung, die Kalkerde kann dann aber aus der ammoniakalischen Lösung durch Oxalsäure als oxalsaurer Kalkerde gefällt werden; die Thonerde hingegen ist schwieriger und nur durch Abdampfen der Flüssigkeit und Glühen des trocknen Rückstandes beim Zutritt der Luft zu bestimmen. Diese Methode kann daher mit Vortheil nur in einigen Fällen angewandt werden, besonders wenn es wichtig ist, nur die Menge der Kalkerde schnell zu bestimmen.

Trennung der Thonerde von der Magnesia.

Auch Magnesia pflegte man gewöhnlich von der Thonerde durch Ammoniak zu trennen, nachdem man dafür gesorgt hatte, dass sich eine hinlängliche Menge von Chlorammonium oder von anderen ammoniakalischen Salzen in der Lösung befand. Es ist indessen bekannt, dass auch bei Gegenwart von grossen Mengen von ammoniakalischen

Salzen mit der Thonerde auch etwas Magnesia gefällt wird, und man war gezwungen, durch Auflösung der Thonerde in Kalihydrat die kleine Menge der Magnesia von ihr zu trennen, wodurch die Untersuchung langwierig und minder genau wurde. Man zog es daher oft vor, die Trennung der Magnesia von der Thonerde durch zweifach-kohlensaures Kali oder Natron, oder auch durch Schwefelammonium zu bewirken.

Die Trennung der Magnesia von der Thonerde durch Ammoniak gelingt indessen sehr gut, wenn man die Lösung nach Uebersättigung mit Ammoniak oder mit kohlensaurem Ammoniak (dessen Anwendung in diesem Falle indessen nicht vorzuziehen ist) bis zum gelinden Kochen erhitzt, und mit dem Erhitzen so lange fortfährt, bis kein freies Ammoniak mehr zu bemerken ist. Wenn die gehörige Menge von Chlorammonium oder von ammoniakalischen Salzen überhaupt in der Lösung vorhanden ist, so wird alle mit der Thonerde gemeinschaftlich gefällte Magnesia gelöst.

Diese Methode giebt gute Resultate. Es ist indessen zu bemerken, dass auf diese Weise die Thonerde nicht so vollkommen von der Magnesia wie von der Kalkerde getrennt werden kann. Es bleiben äusserst geringe Spuren von Magnesia bei der Thonerde, die jedoch so außerordentlich unbedeutend sind, dass ich diese Methode der, die Magnesia von der Thonerde durch zweifach-kohlensaures Alkali oder durch Schwefelammonium zu trennen, den Vorzug gebe. Man erhält auch hierbei die Thonerde von gallertartiger Beschaffenheit, welche man dann auf die oben angeführte Weise behandeln muss.

Sind Kalkerde und Magnesia gemeinschaftlich von der Thonerde zu trennen, so ist es besonders anzurathen, die Trennung nur durch Ammoniak und durch nachheriges Kochen bis zur Vertreibung des freien Ammoniaks zu bewirken. Man erspart auf diese Weise viel Zeit, und erhält Resultate, welche genauer sind als die, welche man nach dem alten Verfahren erhalten hatte.

Um kleine Mengen von Kalkerde und von Magnesia

von gröfseren Mengen von Thonerde zu scheiden, kann man in einigen Fällen folgende Methode anwenden: Man fügt zu der Lösung Weinstinsäure und übersättigt darauf mit Ammoniak; man erhält dadurch keine Fällung. Durch Oxalsäure fällt man darauf aus der ammoniakalischen Lösung die Kalkerde als oxalsaurer Kalkerde und in der abfiltrirten Flüssigkeit die Magnesia als phosphorsaure Ammoniak-Magnesia durch phosphorsaures Natron. Die Thonerde ist aber in diesem Falle schwieriger ihrer Menge nach zu finden. Diese Methode ist daher nur dann besonders anzuwenden, wenn man Kalkerde und Magnesia bei Anwesenheit gröfserer Mengen von Thonerde allein und schnell bestimmen will.

Trennung der Strontianerde von der Kalkerde.

So leicht es jetzt ist, die Baryerde sowohl von der Strontianerde als auch von der Kalkerde mit Genauigkeit zu scheiden, namentlich wenn diese Basen in ihren schwefelsauren Verbindungen von einander zu trennen sind, so hat die Scheidung der Strontianerde von der Kalkerde besondere Schwierigkeiten. Die beste Methode der Trennung beider ist immer noch die alte, von Stromeyer angegebene, die salpetersauren Erden durch wasserfreien Alkohol von einander zu trennen. Ich habe zu dieser Scheidungsmethode nur noch das hinzuzufügen, daß sie noch besser gelingt, wenn man sich statt des wasserfreien Alkohols einer Mengung desselben mit einem gleichen Volumen Aethers bedient, in welcher die salpetersaure Strontianerde noch schwerlöslicher ist, als im reinen Alkohol. Während von diesem ungefähr 5500 Theile einen Theil der salpetersauren Strontianerde aufzulösen im Stande sind, wird dies erst von ungefähr 60000 Theilen des Gemenges bewirkt, während letzteres die salpetersaure Kalkerde eben so vollkommen klar löst, wie der wasserfreie Alkohol.

Eine andere Trennung der Strontianerde von der Kalkerde kann darauf begründet werden, daß aus einer Lösung von schwefelsaurer Strontianerde dieselbe vollständig ge-

fällt werden kann, wenn sie mit einer etwas concentrirten Lösung eines schwefelsauren Alkalis vermischt wird, während die schwefelsaure Kalkerde durch eine solche Lösung weit leichter gelöst werden kann, als durch reines Wasser. Durch diese Art der Scheidung kann man beide Erden in der Lösung jedweder Säure trennen, und auch, wenn sie als schwefelsaure Salze zur Untersuchung angewandt werden sollen.

Man wählt am besten das neutrale schwefelsaure Ammoniak zur Trennung. Fügt man dasselbe in einer etwas concentrirten Lösung zu einer Lösung eines Strontianerdesalzes, so wird zuerst der allergrößte Theil derselben als schwefelsaure Strontianerde niedergeschlagen, und der kleine Theil der schwefelsauren Strontianerde, welcher aufgelöst bleibt, bildet nach und nach mit dem schwefelsauren Alkali ein Doppelsalz, welches unlöslich in der Lösung des schwefelsauren Alkalis ist und gemeinschaftlich mit der schwefelsauren Strontianerde fällt. Dieses Doppelsalz erzeugt sich sowohl, wenn das Ganze längere Zeit gekocht wird, als auch, wenn es bei gewöhnlicher Temperatur längere Zeit steht. Ich habe vor längerer Zeit ein ähnliches Doppelsalz von schwefelsaurer Strontianerde mit schwefelsaurem Kali dargestellt¹⁾, das aus gleichen Atomen der beiden einfachen Salze zusammengesetzt ist.

Um die schwefelsaure Strontianerde ganz unlöslich zu machen, nimmt man gegen einen Theil des Strontianerdesalzes 50 Theile schwefelsaures Ammoniak, welches in dem Vierfachen von Wasser gelöst worden ist. Behandelt man mit einer solchen Lösung die Lösung eines Kalkerdesalzes, so bleibt dieselbe klar, sowohl bei gewöhnlicher Temperatur, als auch beim Kochen. Es bildet sich ein Doppelsalz, das in der Lösung des schwefelsauren Ammoniaks auflöslich ist. Es ist dies ein Doppelsalz von ähnlicher Art, wie wir ein solches von schwefelsaurer Kalkerde und schwefelsaurem Kali kennen, das Arthur Phillips entdeckt, und Potasso-Gypsit genannt hat.

1) Pogg. Ann. Bd. 93, S. 605.

Bei der Trennung der Strontianerde von der Kalkerde löst man die Salze der beiden alkalischen Erden, sie mögen mit irgend einer Säure verbunden seyn, mit welcher sie auflösliche Salze bilden, in möglichst wenigem Wasser auf, und fügt dann die Lösung von schwefelsaurem Ammoniak in vier Theilen Wasser hinzu, welche ungefähr 50mal so viel festes Salz enthält, als das zu untersuchende Salzgemenge beträgt. Man kocht entweder das Ganze einige Zeit hindurch unter Erneuerung des verdampften Wassers, und unter Hinzufügung von sehr wenigem Ammoniak, (weil durchs Kochen die Lösung des schwefelsauren Ammoniaks etwas sauer wird) oder man läßt es 12 Stunden bei gewöhnlicher Temperatur stehen. Man filtrirt darauf und wäscht die schwefelsaure Strontianerde mit einer concentrirten Lösung von schwefelsaurem Ammoniak so lange aus, bis im Waschwasser durch oxalsaures Ammoniak keine Fällung mehr hervorgebracht wird. Das Auswaschen ist in kurzer Zeit vollendet.

Der Niederschlag wird nach Verbrennung des Filtrums vorsichtig im Platintiegel erhitzt, zuerst schwach und dann stärker, um das in ihm enthaltene schwefelsaure Ammoniak zu verjagen. Durch das Glühen wird eine höchst geringe Menge von Schwerelstrontium erzeugt; man befeuchtet daher den geglühten Niederschlag mit etwas verdünnter Schwefelsäure, erhitzt, glüht und bestimmt das Gewicht der schwefelsauren Strontianerde. Aus der getrennten Flüssigkeit und aus dem Waschwasser wird die Kalkerde durch oxalsaures Ammoniak gefällt. Man muß aber vor der Fällung die Lösung mit ziemlich vielem Wasser verdünnt haben.

Das Resultat, das man durch diese Methode erhält, ist nur ein der Wahrheit sich näherndes und nicht so genau als das durch die verbesserte Methode von Stromeyer erhaltene. Aus den Resultaten der angeführten Versuche wird man ersehen, wie weit die gefundenen Resultate von den berechneten abweichen.

Als Hr. Oesten 1,053 Grm. salpetersaure Strontianerde und 0,504 Grm. reine kohlensaure Kalkerde (welche in sal-

petersaure Kalkerde verwandelt wurde) auf die angeführte Weise kochend mit schwefelsaurem Ammoniak behandelte, erhielt er 0,910 Grm. schwefelsaure Strontianerde, die 1,048 Grm. salpetersaurer Strontianerde entsprechen, und 0,279 Grm. Kalkerde, für die 0,497 Grm. kohlensaurer Kalkerde ein Aequivalent sind.

In einem andern Versuche wurden 0,489^o Grm. salpetersaure Strontianerde, welche 0,424 Grm. schwefelsaurer Strontianerde entsprechen, und 0,505 Grm. salpetersaure Kalkerde, welche 0,172 Grm. Kalkerde enthalten, angewandt. Die Trennung geschah ebenfalls bei Kochhitze. Es wurden erhalten 0,416 Grm. schwefelsaure Strontianerde und 0,177 Grm. Kalkerde.

In einem dritten Versuche wurden 1,798 Grm. salpetersaurer Strontianerde und 0,970 Grm. kohlensaurer Kalkerde (welche in salpetersaure Kalkerde verwandelt wurde) mit der Lösung von schwefelsaurem Ammoniak bei gewöhnlicher Temperatur behandelt, und nach 36 Stunden filtrirt. Es wurden erhalten 1,532 Grm. schwefelsaure Strontianerde, für welche 1,760 Grm. salpetersaure Strontianerde ein Aequivalent sind, und 0,563 Grm. Kalkerde, die 1,006 Grm. kohlensaurer Kalkerde entsprechen.

Eine feste Verbindung von schwefelsaurer Strontianerde und von schwefelsaurer Kalkerde wird, um beide von einander zu trennen, im sehr fein gepulverten Zustande mit der concentrirten Lösung des schwefelsauren Ammoniaks übergossen, und damit unter Erneuerung des verdampften Wassers und Hinzufügung von etwas Ammoniak gekocht. Im Uebrigen wird eben so verfahren, wie so eben erörtert worden ist.

Es wurden 0,503 Grm. wasserfreie schwefelsaure Kalkerde (schwach gebräelter strahliger Gyps) mit einer nicht bestimmten Menge von schwefelsaurer Strontianerde gemengt, und auf obige Weise mit einer concentrirten Lösung von schwefelsaurem Ammoniak behandelt. Es wurden 0,208 Grm. Kalkerde erhalten, welche 0,504 Grm. schwefelsaurer Kalkerde entsprechen.

Es wurde nach der oben beschriebenen Methode durch Hrn. Braun der strahlige Strontianit von Hamm in Westphalen untersucht. Aus 0,978 Grm. desselben (nachdem er in Chlorwasserstoffsäure gelöst worden war) wurden 1,164 Grm. schwefelsaure Strontianerde, und 0,029 Grm. Kalkerde erhalten. Nach dieser Analyse besteht daher der untersuchte Strontianit im Hundert aus:

95,6 kohlensaurer Strontianerde
• 5,8 kohlensaurer Kalkerde
101,4.

Statt des schwefelsauren Ammoniaks kann man sich bei dieser Trennung auch des schwefelsauren Kal's oder Natrons bedienen. Bei Anwendung derselben hat man aber den grossen Nachtheil, dass man die gefällte schwefelsaure Strontianerde von dem zugleich gefällten feuerbeständigen schwefelsauren Alkali trennen muss, was füglich nicht anders bewerkstelligt werden kann, als dass man die schwefelsaure Strontianerde durch kohlensaures Alkali in kohlensaure Strontianerde verwandelt.

Trennung des Eisenoxyds von der Kalkerde und von der Magnesia.

Bei der Trennung des Eisenoxyds von der Kalkerde und der Magnesia kann man sich derselben Methoden bedienen, wie bei der Trennung dieser Basen von der Thonerde. Bekanntlich fällt durch Ammoniak das Eisenoxyd immer mit kleinen Mengen von Magnesia verbunden nieder, selbst wenn die Lösung eine bedeutende Menge ammoniakalischer Salze enthält. Wenn man aber das Eisenoxyd durch Uebersättigung der Lösung mit Ammoniak gefällt, und das Ganze bis zur Verflüchtigung des freien Ammoniaks erhitzt hat, so ist das gefällte Eisenoxyd frei von Kalkerde und Magnesia. Wenn man auf diese Weise verfährt, so ist der Zutritt der Kohlensäure der Luft von keinem nachtheiligen Einflus. Es ist auch hier zu bemerken, dass außerordentlich kleine Spuren von Magnesia beim Eisenoxyd bleiben können, während dasselbe von der Kalkerde voll-

kommen getrennt wird; dennoch aber ist diese Methode jeder anderen vorzuziehen. Das Eisenoxyd scheidet sich hierbei in einem Zustand ab, in welchem es sich leicht auswaschen lässt, namentlich durch heißes Wasser, und ist niemals von gallertartiger Beschaffenheit, wie die Thonerde.

Wenn geringe Mengen von Kalkerde und von Magnesia mit grösseren Mengen von Eisenoxyd in einer Lösung enthalten sind, so können die Kalkerde ebenso wenig wie das Eisenoxyd als weinsteinsaure Salze gefällt werden, wenn man Weinsteinsäure hinzufügt und mit Ammoniak übersättigt. Ist Kalkerde allein ohne Eisenoxyd in einer Lösung, so wird, wie dies schon früher bemerkt, nach dem Zusetzen von Weinsteinsäure und nach Uebersättigung mit Ammoniak die Kalkerde als weinsteinsaure Kalkerde gefällt, wenn auch oft bei sehr geringen Mengen von Kalkerde die Fällung erst nach einiger Zeit geschieht. Nach Hinzufügung von Weinsteinsäure und Uebersättigung mit Ammoniak kann man die Kalkerde durch Oxalsäure, und darauf die Magnesia als phosphorsaure Ammoniak-Magnesia durch phosphorsaures Natron abscheiden, worauf man endlich noch das Eisenoxyd durch Schwefelammonium fällen kann.

Bestimmung des Mangans.

Es ist bei quantitativen Analysen oft sehr vortheilhaft, das Manganoxydul in Manganoxyd oder in noch höhere Oxyde zu verwandeln, um es von anderen Basen zu trennen. Die Verwandlung des Manganoxyduls geschieht durch Chlorgas. In der Lösung eines Manganoxydulsalzes verwandelt sich indessen nur schwer und nur zum kleinsten Theile durch Chlorgas das Oxydul in Oxyd, das sich absetzt. Man erhält um so mehr davon, je verdünnter die Lösung des Manganoxydulsalzes, und je schwächer die Säure ist, welche mit dem Oxydul verbunden, so wie auch, je höher die Temperatur der Lösung während des Durchleitens des Gases ist. Man kann aber vollständig alles Manganoxydul in Oxyd, oder auch in Superoxyd verwandeln,

und dasselbe aus der Lösung fällen, wenn man zu derselben, nachdem sie mit Chlorgas gesättigt, eine starke Base im Uebermaaf hinzufügt, welche ihren Sauerstoffgehalt dem Oxydule zuführt, während sie sich in Chlormetall verwandelt. Je stärker die hinzugefügte Base, je verdünnter die Manganoxydullösung ist, und je heißer das Chlorgas zugeführt wird, desto vollständiger und höher oxydiert sich das Manganoxydul. Daher wird gewöhnlich durch Uebersättigung mit Kalihydrat aus einer solchen Lösung schwarzes Mangansperoxyd gefällt, während Ammoniak eine Fällung bildet, welche anfangs hellbraun ist, und nach einiger Zeit dunkler wird, aber gewöhnlich nie so dunkel, wie die, welche durch Kalihydrat hervorgebracht wird. Einfach und zweifach kohlensaures Kali und Natron erzeugen anfangs fast weiße Niederschläge, die durchs Stehen oder durchs Erhitzen braun werden. Auch hinzugefügte kohlensaure Baryerde bringt anfangs fast keine Veränderung hervor, aber nach einiger Zeit erzeugt sie einen braunen Niederschlag von Manganoxydhydrat. Durch Kalihydrat, durch Ammoniak und durch kohlensaure Baryerde wird die ganze Menge des Mangans als Oxyd oder als Superoxyd gefällt, (auch wenn das Oxydul mit einer sehr starken Säure z. B. mit Schwefelsäure verbunden ist) wenn nur die Lösung hinreichend verdünnt, und stark mit Chlorgas angeschwängert gewesen ist. Ist dies aber nicht der Fall, so erzeugen namentlich Ammoniak und kohlensaure Baryerde Fällungen von hellerer Farbe, und in der abfiltrirten Flüssigkeit kann mehr oder weniger Mangan als Oxydul enthalten seyn. Wenn die Einwirkung des Chlorgases zu lange gedauert, so kann nach Uebersättigung mit einer Base und nach langem Stehen sich Uebermangansäure bilden. Diese erzeugt sich immer, und zwar in sehr bedeutender Menge, so dass die ganze Menge des Mangans bis zu Uebermangansäure oxydiert werden kann, wenn die Base zu der Manganoxydullösung hinzugesetzt und dann erst das Chlorgas durch die Flüssigkeit geleitet wird. (In diesem Falle muss man nicht vorher Ammoniak zu der Manganlösung hinzufügen,

durch welche man Chlorgas leiten will, weil dann Chlorstickstoff sich bilden kann.)

Da man jede höhere Oxydationsstufe des Mangans durchs Erhitzen mit Chlorwasserstoffsäure in Oxydul, und dieses wiederum durch Chlorgas in Oxyd verwandeln kann, so hat man es in seiner Gewalt, das Mangan leicht entweder als Oxydul oder als Oxyd von anderen Basen zu scheiden. Will man daher das Mangan von starken Basen trennen, so verwandelt man es in Oxyd; soll das Mangan hingegen von schwachen Basen geschieden werden, so wird zuvor das Mangan zu Oxydul reducirt, wenn es als solches nicht schon vorhanden ist.

Durch Salpetersäure kann bekanntlich das Manganoxydul in seinen Lösungen auch nicht durch Erhitzen höher oxydiert werden. Es geschieht dies nur, wenn durch Salpetersäure (oder auch durch Schwefelsäure) Sauerstoff aus braunem Bleisuperoxyd auf Manganoxydul übertragen wird. Es bilden sich dann purpurrothe Manganoxydlösungen, worauf die bekannte Probe auf Manganoxydul von Crum beruht.

Um mit grosser Sicherheit die Menge des Sauerstoffs in den höheren Oxydationsstufen zu bestimmen, bedient man sich bekanntlich der von Bunsen angegebenen maassanalytischen Methode. Um aber die Menge des Mangans darin unmittelbar schnell zu finden, kann man dieselben vermittelst eines Zusatzes von Schwefelpulver durch Glühen in einer Atmosphäre von Wasserstoffgas in Schwefelmangan verwandeln.

Trennung des Manganoxyduls von der Thonerde.

Gewöhnlich geschieht diese Trennung wenn nur kleine Mengen von Manganoxydul vorhanden sind auf die Weise, dass man aus der Lösung die Thonerde durch Ammoniak fällt. Es schlägt sich indessen, auch wenn eine bedeutende Menge von ammoniakalischen Salzen in der Lösung enthalten ist, mit der Thonerde etwas Manganoxydul nieder,

das sich beim Zutritt der Luft höher oxydirt, und als Oxyd die Thonerde braun färbt. Man pflegt dann durch Lösung der Thonerde in Kalihydratlösung dieselbe von der kleinen Menge des gebildeten Manganoxyds zu scheiden.

Die Trennung der Thonerde vom Manganoxydul kann indessen sehr gut bewirkt werden, wenn man die Lösung, welche Thonerde und Manganoxydul enthält, mit etwas Chlorammonium versetzt, zum Kochen bringt und dann Ammoniak hinzufügt. War die Auflösung sauer und enthielt sie namentlich freie Chlorwasserstoffsäure, so ist ein Zusetzen von Chlorammonium nicht nöthig. Wenn die chlorwasserstoffsäure Lösung zum Kochen gebracht worden ist, so kann man sicher seyn, dass alles Mangan als Oxydul in der Lösung enthalten ist, worauf es bei dieser Trennung besonders ankommt, man muss daher das Ammoniak nicht früher zur Lösung hinzufügen, als bis dieselbe zum Kochen gebracht worden ist. Nach der Uebersättigung mit Ammoniak setzt man das Kochen so lange fort, bis kein Geruch von Ammoniak mehr zu bemerken ist. Die Thonerde ist dann gänzlich gefällt und das Mangan als Oxydul in der Lösung. Man braucht hierbei das Ganze nicht ängstlich gegen den Zutritt der Luft zu schützen, denn bei Abwesenheit des freien Ammoniaks kann das Oxydul nicht in Manganoxyd durch Berührung mit der Luft verwandelt werden. Die Thonerde zeigt indessen oft auch nach dem völligen Auswaschen einen sehr schwachen Stich ins Röthliche. Löst man sie durchs Erhitzen in Chlorwasserstoffsäure auf, und behandelt die kochende Lösung mit Ammoniak auf dieselbe Weise wie vorher, so wird dieser Stich ins Röthliche zwar noch schwächer, es ist indessen schwer, ihn ganz zu beseitigen. Dieser Mangangehalt in der Thonerde ist indessen so ganz außerordentlich gering, dass er nicht durch das Löthrohr entdeckt werden kann; die Thonerde erscheint nach dem Glühen von ganz weißer Farbe. Jedenfalls verdient diese Methode der Trennung allen anderen vorgezogen zu werden, namentlich der das Manganoxydul, oder wenn dasselbe durch Chlorgas höher oxydirt worden ist,

das Manganoxyd durch Kalhydrat von der Thonerde zu trennen.

Trennung des Manganoxyduls von der Magnesia.

Gewöhnlich geschieht diese Trennung vermittelst des Schwefelammoniums, indem man durch dasselbe Schwefelmangan fällt, und in der abfiltrirten Flüssigkeit die Magnesia abscheidet.

Diese Methode giebt nicht sehr genaue Resultate. Man muss überhaupt die Fällung des Manganoxyduls durch Schwefelammonium zu vermeiden suchen, da das dadurch erzeugte Schwefelmangan nicht vollkommen in ammoniakalischen Salzlösungen unlöslich ist, und sich erst nach sehr langer Zeit ausscheidet.

Die beste Methode der Trennung, besonders wenn nur kleine Mengen von Magnesia vom Mangan zu trennen sind, ist folgende: Man verdünnt die Flüssigkeit mit einer hinreichenden Menge von Wasser, fügt essigsaures Natron hinzu, erhitzt sie, und leitet, während sie noch heiß ist, einen Strom von Chlorgas durch dieselbe. Die Flüssigkeit, welche durch Bildung von Uebermangansäure purpurroth geworden ist, wird mit Ammoniak übersättigt, und so lange gekocht, bis das freie Ammoniak gänzlich verjagt ist. Es wird dadurch die Uebermangansäure gänzlich zerstört und alles Mangan als Manganoxyd gefällt, während die Magnesia aufgelöst bleibt, und aus der abfiltrirten Flüssigkeit geschieden werden kann.

Ist die Menge der Magnesia bedeutend, so fügt man nach Sättigung der Lösung mit Chlorgas zugleich mit dem freien Ammoniak noch Chlorammonium hinzu.

Wenn man gemeinschaftlich Manganoxydul und Magnesia von Thonerde zu trennen hat, so darf man nicht die beiden starken Basen von der Thonerde durchs Kochen der Lösung, die Chlorammonium enthält, nach Uebersättigung mit Ammoniak und Verjagung des freien Ammoniaks trennen, wenn man darauf die Magnesia vom Mangan auf die so eben erwähnte Weise durch Sättigung mit Chlorgas

scheiden will. Es könnte sich dadurch Chlorstickstoff bilden, was zu vermeiden ist.

In diesem Falle ist es am besten, die Thonerde durch kohlensaure Baryterde zu fallen, und dann die beiden starken Basen auf die beschriebene Weise von einander zu scheiden.

Trennung des Manganoxyduls von der Kalkerde.

Diese Trennung geschieht gewöhnlich auf die Weise, dass, wenn wenig Manganoxydul von vieler Kalkerde zu trennen ist, man zu der verdünnten Lösung Chlorammonium setzt, darauf mit Ammoniak übersättigt, und die Kalkerde durch Oxalsäure fällt, worauf in der von der oxalsauren Kalkerde getrennten Flüssigkeit das Manganoxydul durch Schwefelammonium oder durch kohlensaures Natron gefällt wird.

Bei dieser Methode ist selbst bei kleinen Mengen von Manganoxydul eine Verunreinigung der Kalkerde durch Mangan (das theils als oxalsaures Manganoxydul, theils als Oxyd aus der ammoniakalischen Lösung gefällt werden kann) schwer zu vermeiden. Die Verunreinigung der Kalkerde durch Mangan ist aber noch mehr zu befürchten, wenn die Menge des Manganoxyduls gegen die der Kalkerde bedeutend ist.

Eine bessere Methode, bei welcher es zugleich gleichgültig ist, ob die Menge des Manganoxyduls gegen die der Kalkerde bedeutend ist oder nicht, ist offenbar folgende: Man leitet durch die hinlänglich mit Wasser verdünnte Flüssigkeit Chlorgas, fällt dann das Manganoxyd durch ein Uebermaaf von Ammoniak, erhitzt bis zum Kochen, und fährt damit so lange fort, bis das freie Ammoniak verjagt worden ist. Man hat dann nicht nöthig, beim Filtriren der Lösung, welche die ganze Menge der Kalkerde enthält, sorgfältig den Zutritt der Luft abzuschließen.

Hat man Thonerde von Manganoxydul, Magnesia und Kalkerde zu trennen, eine Trennung, welche namentlich bei der Analyse der in der Natur vorkommenden Silicate sehr häufig vorkommt, so kann man folgendes Verfahren

anwenden: Man oxydirt die mit Wasser verdünnte Lösung durch Chlorgas, übersättigt mit Ammoniak, und trennt durchs Kochen Thonerde und Manganoxyd von Magnesia und Kalkerde. Letztere scheidet man nach bekannten Methoden von einander; Thonerde und Manganoxyd werden durchs Erhitzen in Chlorwasserstoffsäure gelöst, und die Thonerde vom Manganoxydul nach Uebersättigung mit Ammoniak durch Kochen getrennt. Man kann auch gleich nach Zusetzen von Chlorammonium die Thonerde vom Manganoxydul, der Magnesia und der Kalkerde durchs Erhitzen nach Uebersättigung mit Ammoniak scheiden; dann aber das Manganoxydul nicht von der Magnesia und der Kalkerde durch Chlorgas, Uebersättigung mit Ammoniak und Erhitzen trennen. Man kann auch nach Oxydation durch Chlorgas Manganoxyd und Thonerde durch kohlensaure Baryerde abscheiden, oder auch unmittelbar die Thonerde durch kohlensaure Baryerde fällen und sodann durch Oxydation vermittelst Chlorgas das Manganoxyd von der Magnesia und der Kalkerde trennen. Die zuerst erwähnte Trennung ist wohl die zweckmäfsigste.

Trennung des Eisenoxyds vom Manganoxydul.

Sind nur kleine Mengen von Manganoxydul von grösseren Mengen von Eisenoxyd zu trennen, so kann die Trennung auf dieselbe Weise bewirkt werden, wie die der Thonerde von kleinen Mengen von Manganoxydul; man übersättigt nämlich mit Ammoniak und kocht bis das freie Ammoniak verschwunden ist.

Ist hingegen die Menge des Manganoxyduls gegen die des Eisenoxyds bedeutend, so fällt mit dem Eisenoxyd eine nicht unbedeutende Menge von Manganoxydul, welche auch durch längeres Kochen der chlorammoniumhaltigen Flüssigkeit nicht aufgelöst werden kann. Man muß alsdann das Eisenoxyd, das nicht völlig ausgewaschen zu werden braucht, in Chlorwasserstoffsäure lösen, von Neuem mit Ammoniak fällen und bis zur Verflüchtigung des freien Ammoniaks kochen, um es rein vom Mangan zu erhalten.

Bei dieser Trennung muss man immer die chlorwasserstoffsaure Lösung der Basen erst zum Kochen bringen, dann mit Ammoniak übersättigen, und ohne Unterbrechung das Kochen bis zur Verflüchtigung des freien Ammoniaks fortsetzen. Nur auf diese Weise vermeidet man die Bildung von Spuren von Manganoxyd.

Sind in der Lösung außer Eisenoxyd und Manganoxydul noch Thonerde, Kalkerde und Magnesia enthalten, so behandelt man, wenn die Menge des Manganoxyduls nicht zu bedeutend ist, die Lösung mit Chlorgas, und fällt durch Uebersättigung mit Ammoniak und durch Kochen Thonerde, Eisenoxyd und Manganoxyd. Man löst den Niederschlag in Chlorwasserstoffsäure auf und scheidet in der Lösung wiederum durch Uebersättigung mit Ammoniak und durch Kochen das Eisenoxyd vom Manganoxydul.

Die Trennung des Eisenoxyds vom Manganoxydul kann indessen eben so gut nach den bekannten Methoden vermittelst Kochens nach einem Zusatze von essigsaurem Alkali oder vermittelst des bernsteinsauren Ammoniaks bewirkt werden.

Trennung des Eisenoxyds vom Zinkoxyd.

Das Zinkoxyd kann nicht auf eine ähnliche Weise wie die Magnesia von Eisenoxyd getrennt werden, nämlich durch Uebersättigung der chlorwasserstoffsauren Lösung mit Ammoniak und durchs Kochen, obgleich das Zinkoxyd für sich, und selbst in stark geglühtem Zustande sich leicht unter Ammoniak-Entwicklung beim Erhitzen in einer Chlorammoniumlösung auflöst. Man kann auf diese Weise nur die größte Menge des Zinkoxyds, aber nicht die ganze Menge desselben vom Eisenoxyd trennen. (Eben so wenig lässt sich das Zinkoxyd vollständig auf diese Weise von der Thonerde trennen). Die besten Methoden der Trennung des Zinkoxyds vom Eisenoxyd bleiben daher die vermittelst bernsteinsauren Alkalies, oder die durchs Kochen nach einem Zusatze von essigsaurem Alkali.

**X. Ueber Ringbildung in Flüssigkeiten;
von E. Reusch in Tübingen.**

I.

Manche Raucher haben bekanntlich die Fertigkeit, den Tabaksrauch in Form von wohlgebildeten Ringen aus dem Munde zu entlassen. Mit aller Sicherheit erhält man aber diese Ringe mit Hülfe eines in wenigen Minuten herzustellenden Apparats aus sechs Spielkarten, welche durch rechtwinkliges Aufbiegen der schmalen Kanten zu einem Hohlwürfel zusammengesetzt sind, dessen eine Seite eine Oeffnung von 1 Centim. oder mehr enthält. Füllt man nun durch Hineinrauchen den Würfel mit Tabaksrauch, so fliegt bei jedem kurzen und schwachen Schlage auf eine der Seitenflächen ein artiges Ringlein aus der Oeffnung.

Die Betrachtung, dafs, bei jedem Schlage auf die elastische Seitenfläche, der Verkleinerung des Hohlraums sofort eine Vergrößerung nachfolgt, veranlaſte mich einen Apparat zu construiren, der auch die Vorgänge im Rauchraume zu beobachten erlaubte. Ein Glasrohr (Fig. 8, Taf. I) (das Glas einer sogenannten Congreſſlaterne) 6 Cent. im Durchmesser und 12 Cent. lang, ist an einem Ende durch eine angebundene Membrane *M* von dünnem vulkanisirtem Kautschuck geschlossen und enthält am anderen Ende eine Metallfassung *FF'* mit Schraube, so dafs eine Kreisscheibe *SS'* von Carton oder Blech mit einer passenden Oeffnung *O* daselbst eingeklemmt werden kann. Wird nun der Apparat mit Rauch gefüllt und ein kurzer Druck auf die Membrane ausgeübt, so fliegt ein Rauchring von der Oeffnung weg; läſt man nachher mit dem Drucke rasch nach, so sieht man einen Luftring durch den Rauchraum gegen die Membrane gehen. Bei einem kurzen Impuls auf dieselbe, sieht man, scheinbar gleichzeitig den Rauchring durch die Luft, und den Luftring durch den Rauch nach entgegengesetzten Richtungen von der Oeffnung wegfliegen.

Mit grösserem Behagen beobachtet man die ausgeflossenen Rauchgebilde, indem man den Apparat Fig. 8 Taf. I auf einem Glascylinder oder besser Glaskasten von 15 bis 20 Cent. Weite, die Oeffnung nach unten mit Hülfe einer durchlöcherten Scheibe aufpflanzt. Die Ringe sinken dann ruhig herab und werden durch die in freier Luft immer vorhandenen Strömungen nicht so rasch gestört. Bei einem schwachen Druck sieht man sonderbare Gestalten wie umgekehrte Pilze saumt Stiel austreten; bei starkerem Druck erscheinen Ringe in verticaler Richtung verlängert; bei raschem Druck Ringe von kreisförmigem Querschnitt, deren Durchmesser beim Fortschreiten wächst und welche überdies häufig in eigenthümlicher, bald näher zu besprechenden Weise wirbeln und rotiren. Einigen artigen Anblick gewährt es hierbei, wenn man einem ersten Ringe rasch einen zweiten nachschickt, der dann häufig den ersten durchsetzt und dessen Rauchmasse als conoidischen Wirbel nach sich zieht.

Zum Behuf einer Erklärung dieser nicht einfachen Erscheinungen denke ich mir, dass durch einen kurzen Impuls zunächst eine Rauchscheibe ohngefähr vom Querschnitt der Ausflussoffnung ausgestoßen wird. Schon während ihres Durchgangs durch die Oeffnung setzen sich die aufserhalb und rings herum liegenden Lufttheilchen gegen die Rauchscheibe in Bewegung, sofern der Seitendruck der bewegten Luft kleiner ist als der der ruhenden. Ist aber die Scheibe ganz ausgetreten, so stürzen sich die Lufttheilchen von allen Seiten in den von ihr leergelassenen Raum und stauen sich, da sie zugleich der Vorwärtsbewegung derselben folgen, zu einem spitzigen Luftconoide $K+K'$ (Fig. 9 Taf. I) zusammen, welches die Rauchscheibe von hinten durchbricht.

Dieser Act der Durchbrechung ist aber bei vollständiger Ringbildung von zwei weiteren Wirkungen begleitet. Einmal erhalten nämlich die Rauchtheilchen, deren Bewegungsrichtung zunächst parallel der Axe Ox der Oeffnung ist, durch das plötzliche Eindringen des Luftconoids einen seitlichen auf Expansion des Rings hinzielenden Druck, vermöge dessen sie bei der weiteren Bewegung von der Axe

nach den Richtungen *C* und *C'* divergiren. Der Durchmesser der Ringe wird daher während des Fortschreitens wachsen.

Außerdem wird im Allgemeinen der Rauchring in eine von Innen nach Außen gehende Rotation versetzt, wie sie für die in der Papierebene liegenden Meridiane durch die gekrümmten Pfeile *D* und *D'* vorgestellt ist. Das eindringende Luftconoid bestreicht nämlich die innere Seite des Rings und bewirkt dadurch ein Wirbeln desselben um die kreisförmige Mittellinie.

Alle diese Erscheinungen beobachtet man in schönster Ausbildung an den zierlichen Ringen, welche beim Verbrennen von Phosphorwasserstoffgas entstehen und bei deren Bildung *mutatis mutandis* offenbar dieselben Umstände statt haben wie bei den Tabakssringen. Die Ringe von Phosphorsäurehydrat sind viel voluminöser, erreichen oft einen Durchmesser von einem Fuß und zeigen die Rotation in dem angegebenen Sinne sehr deutlich, besonders wenn, was häufig vorkommt, Massentheilchen in einem Abstand vom Ringe mitwirbeln, welche dann den Ring zierlich zu umflechten scheinen.

Auch die Wirkung von Ansätzen habe ich etwas studirt; sind sie kurz, so geht die Ringbildung noch gut von statten, beträgt aber ihre Länge das Fünffache des Durchmessers der Öffnung, so verschwinden die äußersten und inneren Ringe.

Der Kartenwürfel, an welchem die Karte mit der Öffnung leicht durch eine andere ersetzt werden kann, dient noch um eine weitere Eigenthümlichkeit der Rauchringe zu zeigen. Die Ringe sind nämlich rund, selbst wenn die Öffnung ein Dreieck oder Viereck oder gar eine nicht zu lange rechtwinklige Spalte ist.

Von den nicht runden Öffnungen habe ich die rechtwinkligen etwas näher untersucht. Die Spalten waren in Cartonscheiben geschnitten, welche am Apparat Fig. 8 Taf. I befestigt wurden; ihre constante Breite betrug 5 Millim., während die Längen der Reihe nach das 2-, 3- bis 7fache

der Breite waren. Bezeichnet man die Spalten nach den letztgenannten Zahlen, so lassen sich die Erscheinungen ohngefähr so charakterisiren: Spalte 2 giebt allezeit einen runden Ring; bei 3 sieht man häufig Formen, die man doppelt gekrümmte Lemniscaten nennen könnte und welche während des Fortschreitens in eigenthümlichen Pulsationen begriffen sind. Dieselbe Erscheinung kann sich bei den längeren Spalten wiederholen. Außerdem sieht man aber sehr häufig bei den Spalten 4 und 5 zwei Ringe und bei 6 und 7 gar drei Ringe, deren Mittelpunkt in einer zur Länge der Spalten senkrechten Ebene fortlaufen. Im Falle der drei Ringe ist der mittlere vertical absteigende manchmal verkümmert. Ich bemerke, daß die Hervorbringung der mehrfachen Ringe einige Uebung erfordert, sowie daß die Membrane nie zu stark gespannt seyn darf.

Bei der kreisrunden Oeffnung ist das allseitige Zuströmen der Lufttheilchen vollkommen symmetrisch gegen die Axe; das oben besprochene Luftconoid besteht aus einem System von Luftfäden, welche bei gleicher Orientirung gegen die Axe an homologen Punkten auch gleiche Geschwindigkeit haben; daher hat es eine, wenn auch nur momentane Stabilität. Kommen aber, wie dies bei allen nicht kreisrunden Oeffnungen der Fall ist, die Lufttheilchen theils nicht mehr genau gegen die Axe, theils mit verschiedenen Geschwindigkeiten herbei, so scheint sich bei Oeffnungen, die vom Kreise oder einem regulären Polygone nicht gar zu sehr abweichen, durch einen Act rascher Compensation zwischen Richtung und Geschwindigkeit der zuströmenden Luftfäden ein stabiles Conoid herzustellen. Bei langen Spalten scheint sich das Conoid zu spalten, so daß seine Begrenzungsfäche im Moment der höchsten Ausbildung zwei oder drei Hörner darbietet, oder es zerfallen, wenn man lieber will, jene lemniscatenartigen Gebilde durch secundäre Wirkungen in mehrere Ringe.

Man wird mir, denke ich, nicht zum Vorwurf machen, daß ich diese complexen Erscheinungen nicht besser zu erklären vermag. Noch haben wir keine Theorie der so

mannichfältigen Erscheinungen, die sich beim permanenten Ausflus tropbarer Flüssigkeiten darbieten; Gase sind in dieser Beziehung nur wenig studirt worden. Wie viel grösser müssen die Schwierigkeiten werden, wenn es sich um den *stossweisen* Ausflus und die dadurch bedingten Ströme und Wirbel handelt!

II.

Die Beobachtungen an den Rauchringen legten mir die Frage nahe, ob nicht auch in tropfbaren Flüssigkeiten die Ringbildung beim plötzlichen Durchflus nachgewiesen werden könne. Es ist mir das gelungen mit Hülfe eines einfachen Apparats, den ich zuerst beschreiben will. Fig. 10 Taf. I stellt einen Querschnitt desselben dar: der Fuß wird gebildet durch eine metallene Trommel TT' von 6 Cent. Höhe und 9 Cent. Durchmesser. Die obere ringförmige Oeffnung RR' der Trommel ist durch eine dünne hartgehämmerte nach unten etwas ausgebauchte Messingplatte P , welche von unten an den Ring gelöthet ist, geschlossen. Zu der Platte gelangt man durch ein im Cylindermantel der Trommel angebrachtes Loch L ; durch einen Druck auf dieselbe bewirkt man, dass sie eine kurze knackende Bewegung nach oben und wieder zurück annimmt, und je nachdem man die Platte mehr in der Mitte oder am Rande angreift, hat man die Grösse und Raschheit ihrer Excursionen ziemlich in seiner Gewalt. Auf dem Ring RR' der Trommel steht ein Glascylinder AA' von 6 Cent. Durchmesser und 10 Cent. Höhe, auf ihm liegt eine Metallscheibe BB' mit einer centralen Oeffnung von 8 Millim. Weite. Ueber dieses endlich erhebt sich ein zweiter gleicher Glascylinder CC' , und das Ganze wird durch einen oberen Metaltring rr' und durch drei bis vier Zugstangen z , welche oben mit Schrauben versehen und unten an der Trommel befestigt sind, zusammengehalten. Die Glascylinder sind an ihren Rändern natürlich eben geschliffen, so dass ein wenig Luftpumpenfett ausreicht, den Apparat wasserdicht zu halten.

Füllt man nun den unteren Cylinder mit gefärbtem, den oberen mit reinem Wasser, so sieht man bei jedem Knack ein gefärbtes Ringlein durch das helle Wasser fliegen. Ist die untere Flüssigkeit nicht zu intensiv gefärbt, so kann man auch bei jedem Rückgang der Platte einen hellen Ring durch das gefärbte Wasser herabsteigen sehen. Wird gepulverter Bernstein in den oberen Cylinder gebracht, so lassen sich die Wirbel einigermassen verfolgen; namentlich zucken bei jedem Knack die auf der Zwischenplatte *BB* liegenden Bernsteinstückchen gegen die Axe der Oeffnung hin, werden auch wohl in den Wirbel mit hineingerissen.

Sehr schöne aber nur kurz dauernde Ringe erhält man, wenn sich unten Wasser, oben Oel befindet. Die Wasserringe im Oel erblickt man besonders schön, wenn man oben hineinsieht. Aber auch die Oelringe im Wasser werden oft beobachtet. Freilich verschwinden diese Ringe rasch, indem sie bei zu raschem Impuls in mehrere Kugeln zerfliegen, oder bei schwächeren schnell die Kugelform annehmen, wobei sie gewöhnlich eine Portion des Mediums, in dem sie sich gebildet haben, einschliessen. Bei ganz langsamem Impulsen erheben sich pilzartige Gebilde, welche aber fast immer den Charakter der nicht zu voller Wirkung gekommenen Ringbildung an sich tragen. Entschleimtes Provenceröl dürfte besser seyn, als das angeblich gereinigte Lampenöl, mit dem ich operirt habe; zähes kaltes Oel liefert meist nur formlose Gebilde.

Entfernt man das Oel aus dem oberen Cylinder und ersetzt es durch Wasser, so bleibt unter der Zwischenplatte vom vorhergehenden Versuch immer eine dünne Oelschicht zurück. Knackt man nun, so sieht man sehr häufig, besonders bei der abwärts gehenden Bewegung zierliche Pertringe, aus rotirenden Oeltröpfchen bestehend, gegen den Boden hinabwirbeln.

Ich habe auch Versuche angestellt mit Oel und Alkohol, Wasser und Aether. Bei der ersten Combination erhielt ich wohl Oelringe im Alkohol, aber nicht gut umgekehrt; noch weniger günstig zeigte sich das zweite Paar,

Vielle
Flüssig
Gewich
nen m
Ue
keiten
den R
Umstä
Aus d
Versuc
in der
Ringbi
ist mir
größer
stellung
Einsich
geleitet
durch
central
tallplat
cher G
tallplat
Kreuzs
der wu
gefüllt,
ordnung
Knack
die sch
Die im
lappen
sigkeit
Conoid
die Ma
dem s
umstühl
Ich
isen, c

Vielleicht sind Andere glücklicher in der Wahl zweier Flüssigkeiten; ein mäfsiger Unterschied in den specifischen Gewichten und Unlöslichkeit der einen in der andern scheinen mir jedenfalls für die Ringbildung günstig.

Ueber die Entstehung der Ringe in tropfbaren Flüssigkeiten noch Weiteres zu sagen, scheint mir nach den bei den Rauchringen gegebenen Erläuterungen überflüssig; alle Umstände sind der Hauptsache nach hier dieselben wie dort. Aus demselben Grunde habe ich auch keine besonderen Versuche mit verschieden geformten Oeffnungen angestellt in der Ueberzeugung, daß nichts wesentlich Neues über Ringbildung auf diesem Wege zu erfahren sey. Dagegen ist mir ein anderweitiges Experiment gelungen, das mir von grösserer Wichtigkeit zu seyn scheint und zu dessen Anstellung ich durch die im Verlauf meiner Versuche erlangte Einsicht in die morphologische Bedeutung der Ringbildung geleitet worden bin. Die Zwischenplatte $B\ B'$ wurde da durch eine andere ersetzt, bestehend aus zwei mit runden centralen Oeffnungen von 1 Cent. Weite versehenen Metallplatten, zwischen welche eine Kautschukplatte von gleicher Grösse geklemmt war. Der in den Oeffnungen der Metallplatten freiliegende Theil der Membrane war durch einen Kreuzschnitt in vier Quadranten getheilt. Der untere Cylinder wurde nun mit Oel, das durch Alkanna roth gefärbt war, gefüllt, der obere mit ungefärbtem Oel. Bei dieser Anordnung, wo also die Ausflussoffnung im Momente des Knackens sich erst bildet, habe ich mehrfach hintereinander die schönsten rothen Ringe im ungefärbten Oele gesehen. Die im Moment des Durchflusses aufgestülpten Kautschuklappen scheinen die Herbeibewegung der benachbarten Flüssigkeit zu dirigiren und für die Bildung des perforirenden Conoids ganz besonders günstig zu seyn. Leider hält sich die Membrane nicht sehr lange in brauchbarem Stand, indem sie sich bald in der einen oder anderen Richtung umstülpt.

Ich glaube, wir dürfen aus diesem Experimente schließen, daß die Ringbildung auch stattgefunden hätte, wenn

die vorher ganze Membrane durch den Knack erst geplatzt wäre; auch können wir nach Früherem vermuthen, dass die Form des Risses ohne großen Einfluss auf die Ringbildung ist, sowie dass aus demselben Risse unter Umständen gleichzeitig mehrere Ringe hervorquellen können. Natürlich bleibt nicht ausgeschlossen, dass vielfach die Ringe nicht zu vollständiger Ausbildung gelangen, oder ganz formlose Massen ausgestoßen werden.

Hr. Prof. Magnus, dem ich die vorliegende Abhandlung im Manuscripte mitgetheilt hatte, machte mich aufmerksam auf eine mir leider nicht bekannt gewordene Abhandlung von W. B. Rogers über denselben Gegenstand (*Amer. Journal of sciences and arts. Vol. 26, Sept. 1858*). Rogers hat in mancher Beziehung die Ringe schärfer studirt als ich und insbesondere die aus platzenden Blasen aufsteigenden Ringe einer sorgfältigen Analyse unterworfen. Beide Arbeiten dürften sich gegenseitig ergänzen. Der Theorie der Ringbildung selbst anlangend, so muss ich es den Physikern überlassen zu entscheiden, ob die von Rogers entwickelte oder die meinige das Ganze der Erscheinungen besser erkläre.

XI. Verallgemeinerung des Begriffes Pendel; von Prof. Dr. H. Emsmann zu Stettin.

Gewöhnlich versteht man unter einem *Pendel* einen Körper, der an einer horizontalen über seinem Schwerpunkte befindlichen Axe befestigt ist und aus seiner Ruhelage gebracht und dann sich selbst überlassen, um diese Axe in schwingende Bewegung gerath. Es scheint nun, als ob man unter den Bestimmungstücken des Begriffs *Pendel* die unveränderliche Stelle der Axe und die Aufhängung über dem Schwerpunkte als etwas Wesentliches aufgefasst habe;

gleichwohl ist dies nur eine Nebensache und nur das Charakteristische eines speciellen Falles, nämlich des gewöhnlich sogenannten Pendels, welches besser das *gemeine Pendel* zu nennen seyn dürfte. Es bedarf wohl nur der Angabe eines allgemeineren Falles, um das Begründete der an der bisherigen Auffassung von mir gemachten Ausstellung zu zugeben.

Die Bewegung eines *Schaukelpferdes* oder einer *Wiege* ist jedenfalls eine pendelnde; trotzdem liegt hier der Stützpunkt nicht über, sondern unter dem Schwerpunkte und außerdem ist die Stelle dieses Stützpunktes eine veränderliche. Denken wir uns die Gängel eines Schaukelpferdes, wie es gewöhnlich der Fall ist, kreisförmig und die Unterlage, auf welcher dasselbe seine pendelnde Bewegung vollzieht, als horizontale Ebene, so kommt es nur darauf an, daß der Schwerpunkt tiefer liege, als der Mittelpunkt des Kreises, von welchem die Gängel Bogen sind. Würde der Schwerpunkt in dem Mittelpunkte liegen, so hätten wir den Fall einer Kugel, z. B. einer Billardkugel, die auf horizontaler Unterlage an jeder Stelle in Ruhe bleibt. Lage der Schwerpunkt über dem Mittelpunkte, so würde der Körper die stabile Lage zu gewinnen suchen, umschlagen und die Stellung einnehmen, bei welcher der Schwerpunkt tiefer als der Mittelpunkt des Kreises liegt.

Da es gar nicht nothwendig ist, daß die Gängel Kreisbögen sind, eben so wenig, daß die Unterlage eine Ebene ist, denn es bewegt z. B. auch ein gerader Balken auf einer walzenförmigen Unterlage pendelnd, so ergiebt sich hieraus eine Verallgemeinerung des Begriffes Pendel, namentlich in Bezug auf die beiden oben bemerkten Punkte: *unveränderliche Lage des Stützpunktes und Lage des Stützpunktes unter dem Schwerpunkte*. Das Charakteristische des Pendels ist die Beweglichkeit und das Bestreben, die stabile Ruhelage zu gewinnen, mit der Möglichkeit in Folge des Beharrungsvermögens diese Ruhelage bei eingetretener Bewegung zu überschreiten. Faßt man das Pendel aus diesem allgemeinen Gesichtspunkte auf, so ergiebt sich eine Reihe

der verschiedenartigsten Untersuchungen, welche in dem Artikel »Pendel« der physikalischen Wörterbücher einen Platz finden müfste, wo man dieselben bisjetzt aber vergeblich sucht; auch dürfte es nicht unzweckmäſig seyn, in den physikalischen Compendien diese allgemeinere Auffassung zur Geltung zu bringen.

Da es mir zunächst nur darauf ankommt, die gewöhnliche Auffassung des Begriffs Pendel als nicht allgemein genug hervorzuheben, so sehe ich für jetzt von der ganz allgemeinen Aufgabe, wo sowohl die Unterlage als die Gängel, um bei der beim Schaukelpferde gebräuchlichen Benennung zu bleiben, nach einer Curve gekrümmt sind, ab, und erlaube mir nur einen Fall kurz zu behandeln, durch welchen sich das gemeine Pendel als nur speciellen Fall eines allgemeineren deutlich herausstellt und also die Notwendigkeit der Verallgemeinerung des Begriffs Pendel noch entschiedener hervortritt.

Auf der Geraden EAF (siehe Fig. 14 Taf. II) rolle ein Kreis mit dem Radius $MA=r$. Der Berührpunkt des Kreises und der Geraden sey A , wenn der Mittelpunkt sich in M befindet. In der Richtung MAC denken wir uns eine schwerlose Linie, und auf derselben irgendwo einen schweren Punkt, z. B. C oder A oder K . Ist der Mittelpunkt des rollenden Kreises nach m und der Berührpunkt nach a gekommen, so liegt die Linie MAC in der Lage mac und es befindet sich C in c , A in a und K in k . Den Winkel αma bezeichnen wir mit φ ; der Anfangspunkt eines rechtwinkligen Coordinatensystems liege auf MKA , und zwar respective in dem Punkte C , A oder K , dessen Bewegung verfolgt werden soll, z. B. in C ; die $+x$ werden gerechnet von dem respectiven Punkten in der Richtung von C nach M hin, die $+y$ entgegengesetzt der Richtung, nach welcher der Kreis rollt, also in der Richtung von A nach F hin; der Abstand des respectiven schweren Punktes von M , also MC oder MA oder MK sey $= l$.

Für den schweren Punkt C ist, wenn er nach c gekommen ist,

$cp = y = l \sin \varphi - r \varphi$ und $Cp = x = l - l \cos \varphi$.

Ist $l = r$, so gibt dies die gewöhnliche Cycloide; ist $l > r$, so erhält man die verkürzte oder verschlungene Cycloide; ist $l < r$, so bewegt sich der schwere Punkt in einer gedehnten oder geschweiften Cycloide.

Allgemein ist

$$dy = l \cos \varphi d\varphi - r d\varphi = (l \cos \varphi - r) d\varphi \text{ und}$$

$$dx = l \sin \varphi d\varphi.$$

Da nun

$$\cos \varphi = \frac{l-x}{l}, \text{ so ist } \sin^2 \varphi = \frac{2lx-x^2}{l^2}, \text{ folglich}$$

$$dy = (l-x-r) d\varphi \text{ und } dx = \sqrt{2lx-x^2} d\varphi,$$

$$\text{also } ds = dx \sqrt{1 + \frac{dy^2}{dx^2}} = dx \sqrt{\frac{(l-r)^2+2rx}{2lx-x^2}}.$$

Fällt nun c nach c' hin, so ist die in c' erlangte Geschwindigkeit, wenn g der Fallraum in der Sekunde beim freien Falle ist,

$$v = \sqrt{2g(Cp - Cp')}$$

Fängt die Bewegung in c an, und nennen wir $Cp = e$, so ist $Cp' = x$, also

$$v = \sqrt{2g(e-x)}.$$

Da nun $v = \frac{ds}{dt}$ ist, so wird $t = \int \frac{ds}{v} = \int \frac{-ds}{\sqrt{2g(e-x)}}$, wo

das Zeichen $-$ genommen werden muss, weil x abnimmt, wenn t wächst. Setzt man für ds den Werth ein, so ist

$$\begin{aligned} t &= \int \frac{-dx}{\sqrt{2g(e-x)}} \sqrt{\frac{(l-r)^2+2rx}{2lx-x^2}} \\ &= \frac{1}{\sqrt{2g}} \int \frac{-dx}{\sqrt{ex-x^2}} \sqrt{\frac{(l-r)^2+2rx}{2l-x}} \\ &= \frac{1}{\sqrt{g}l} \int \frac{-dx}{\sqrt{ex-x^2}} \sqrt{\frac{1}{1-\frac{x}{2l}}} \sqrt{(l-r)^2+2rx}. \end{aligned}$$

Dies wäre somit die allgemeine Zeitgleichung für einen unter den angenommenen Umständen schwingenden schweren Punkt, in welcher, um die halbe Schwingungszeit eines ganzen Bogens zu erhalten, das Integral von $x=e$ bis $x=0$

zu nehmen ist, überdies aber alle Integrale für $x = e$ zu Null werden müssen.

Ohne hier auf die weitere allgemeine Entwicklung einzugehen, beschränken wir uns auf den Nachweis, dass in diesem allgemeinen Falle das gemeine mathematische Pendel enthalten ist.

Es sei $r = 0$, so wird der rollende Kreis zur sich drehenden Axe, und

$$t = \frac{1}{2} \sqrt{\frac{l}{Vg}} \int \frac{-dx}{\sqrt{ex - x^2}} \left(1 - \frac{x}{2l}\right)^{-\frac{1}{2}}.$$

Dies ist die bekannte Zeitgleichung des gemeinen mathematischen Pendels, aus welcher die halbe Schwingungszeit

$$t = \frac{\pi}{2} \sqrt{\frac{l}{g}} \left[1 + \frac{1}{2^2} \frac{e}{2l} + \frac{1^2 \cdot 3^2}{2^2 \cdot 4^2} \left(\frac{e}{2l}\right)^2 + \frac{1^2 \cdot 3^2 \cdot 5^2}{2^2 \cdot 4^2 \cdot 6^2} \left(\frac{e}{2l}\right)^3 + \dots \right]$$

sich ergiebt. Also ist das gemeine Pendel in der That nur ein specieller Fall einer allgemeinen Aufgabe.

Nicht ohne Interesse ist noch ein zweiter specieller Fall, nämlich $l = r$, oder die Schwingung in der gewöhnlichen Cycloide. Das grosse Interesse, welches für die Cycloide rege gewesen ist, knüpft sich bekanntlich daran, dass diese Curve tautochron und brachystochron ist; es bezieht sich dies indessen auf die umgekehrt gestellte Cycloide, während im vorliegenden es sich um die Cycloide in ihrer aufrechten Stellung handelt.

Ist $l = r$, so erhalten wir aus der allgemeinen Zeitgleichung:

$$t = \frac{1}{2} \sqrt{\frac{l}{Vgr}} \int \frac{-dx}{\sqrt{Vex - x^2}} \frac{1}{\sqrt{1 - \frac{x}{2r}}} \sqrt{2rx}$$

$$= \frac{1}{\sqrt{2g}} \int \frac{-dx}{\sqrt{Ve - x}} \left(1 - \frac{x}{2r}\right)^{-\frac{1}{2}}.$$

Führt man hier die Integration unter den angegebenen Bedingungen aus, so erhält man für die halbe Schwingungszeit des ganzen Bogens:

$$t = \sqrt{\frac{2e}{g}} \left[1 + \frac{1}{3} \frac{e}{2r} + \frac{1}{3} \left(\frac{e}{2r}\right)^2 + \frac{1}{7} \left(\frac{e}{2r}\right)^3 + \dots \right]$$

und für $e = 2r$, d. h. für den Fall der höchsten Punkte bis zum tiefsten,

$$\begin{aligned} f &= \sqrt{\frac{4r}{g}} (1 + \frac{1}{3} + \frac{1}{5} + \frac{1}{7} + \dots) \\ &= \sqrt{\frac{4r}{g}} [2(1 + \frac{1}{3} + \frac{1}{5} + \frac{1}{7} + \dots) - \frac{1}{4}\pi] \end{aligned}$$

Schliefslich noch der Vorschlag: die *Wiegen* nicht in Zapfen hängen, oder auf Gängeln unten an den Füßen des Bettgestelles schaukeln zu lassen, sondern die Gängel nach Art der Räder an Eisenbahnwagen mit einem vorspringenden Rande oder noch besser mit einer Rinne, also mit zwei vorspringenden Rändern zu versehen und am Bettgestelle beim Kopf- und beim Fussende oben anzubringen. Zu solcher Wiege würde dann noch ein Gestell gehören mit geraden Leisten, auf welchem die Gängel wie auf Schienen ruheten und ihre Bewegung vollzögen. Die Stabilität einer so eingerichteten Wiege würde gegen die gewöhnliche Gängelwiege eine viel bedeutendere seyn, und scheint eine solche somit jedenfalls den Vorzug zu verdienen.

XII. Ueber den Braunstein von Olpe; von Dr. K. List,

Lehrer d. Physik u. Chemie an d. Provinzial Gewerbeschule zu Hagen.

Auf der Grube Löh bei Rothenmühl an der Bigge, zwei Stunden südlich von Olpe, wird seit 1829 Brauneisenstein gefördert, der dort einen mächtigen Gang in der Grauwacke bildet. Das Streichen geht fast genau von Norden nach Süden bei einem schwachen fast unmerklichen Fallen. Ueber den Thaleinschnitt hinaus, an dessen südlichem Abhang das Mundloch der Grube Löh gelegen ist, setzt der Gang mit demselben Streichen fort und wird hier durch die Grube

Fahlberg bebaut, welche von einer englischen Gesellschaft mit grofsartigen Förderungsanstalten versehen ist. Der südliche Theil des Ganges wird durch einen Spatheisenstein und Bleiglanz führenden Gang durchsetzt, welchen der 150 Lachter lange Stollen der Grube Löh noch nicht erreicht hat, der aber durch alten, schon seit langer Zeit verlassenen Bergbau aufgeschlossen ist. Je mehr der Hauptgang sich diesem durchsetzenden Gange nähert, um so mehr findet man dem Brauneisenstein Psilomelan eingemengt, so dass dieser gegenwärtig vor Ort an vielen Stellen in solchem Maafse vorwaltet, dass der Betrieb der Grube hauptsächlich auf die Gewinnung von Braunstein gerichtet ist. Die Braunsteinstücke werden vom Brauneisenstein ausgesehen, gepocht und gewaschen, um sie von thonigen Theilen zu befreien, und darauf in verschiedenen Sorten nach dem Grade der Reinheit dem Handel übergeben.

Obgleich die äussern Eigenschaften sowohl als auch mehrere zur Ermittelung des technischen Werthes ausgeführte Bestimmungen keinen Zweifel liefsen, dass der fragliche Braunstein Psilomelan sey, so habe ich doch eine genaue Untersuchung desselben vorgenommen, weil ja die bisherigen Analysen von Psilomelanen verschiedener Fundorte so abweichende Resultate gegeben haben, dass es nicht gestattet ist, aus ihnen auf die Zusammensetzung dieses Minerals von einem neuen Fundorte zu schliessen.

Das Mineral findet sich theils in stalactischen traubigen Massen von blauschwarzer Farbe, deren Zwischenräume von einem fleischfarbenen Thon ausgefüllt sind, theils dicht, mit unvollkommen muschligem Bruch, metallisch schimmernd und von eisengrauer Farbe. Die Härte der dichten Varietät ist sehr bedeutend, indem sie Feldspath deutlich ritzt, ja sogar in die Fläche ∞P des Bergkristalls einschneidet, während sie die Pyramidenflächen desselben nicht angreift. Das specifische Gewicht fand ich = 4,699; die Bestimmung geschah mit aller Sorgfalt mit Hülfe der bekannten den besten Oertling'schen Waagen beigegebenen Einrichtung. Die dichten Massen sind von dünnen kryallinischen strah-

lichen Lagen durchzogen, von denen es nicht möglich war, hinreichend reines Material zu sammeln, um entscheiden zu können, ob sie, wie es den Anschein hat, aus Pyrolusit bestehen. Zur Analyse wurden von einer dichten Stufe mit größter Vorsicht vollkommen homogene Stücke ausgesucht und besonders darauf geachtet, die krystallinischen Theile völlig fern zu halten. Das Pulver (1,794 Grm.) wurde in Salzsäure gelöst, wobei ein geringer weißer, aus Quarz bestehender, Rückstand blieb; die wenig gefärbte Lösung wurde mit dem Ungelösten zur Trockne verdampft, um etwa aufgelöste Kieselsäure unlöslich zu machen, der Rückstand unter Zusatz von Salzsäure wieder gelöst, vom Un gelösten (0,045 Grm. = 2,51 Proc.) abfiltrirt und die Lösung mit Schwefelwasserstoffgas gesättigt. Der braunschwarze Niederschlag wurde rasch filtrirt und ausgewaschen, in Salpetersäure gelöst und die Lösung mit Kali erhitzt, wodurch 0,023 Grm. CuO = 1,28 Proc. erhalten wurden. Das Filtrat vom Schwefelwasserstoff - Niederschlag wurde durch Schwefelammonium gefällt, der sorgfältig ausgewaschene, etwas grau gefärbte Niederschlag mit verdünnter Salzsäure behandelt, wobei ein geringer schwarzer Rückstand blieb, welcher durch Salpetersäure gelöst, nach dem Erhitzen mit überschüssigem Kali einen geringen missfarbenen Niederschlag lieferte, der nach dem Trocknen und Glühen 0,0055 Grm. = 0,31 Proc. CoO gab. Die Lösung des Schwefelammonium-Niederschlages in Salzsäure wurde kochend mit kohlensaurem Natron gefällt; der Niederschlag lieferte, nachdem er so lange bei Luftzutritt geglüht war, bis das Gewicht constant blieb, $1,528 \text{ Mn}^3\text{O}^4 = 85,17 \text{ Proc}$. Von der Abwesenheit des Eisens hatte ich mich vorher überzeugt. Das Filtrat vom Schwefelammonium - Niederschlage wurde mit Salzsäure angesäuert, mit einigen Tropfen Schwefelsäure versetzt und erhitzt, der ausgeschiedene Schwefel abfiltrirt und das Filter verbrannt; etwa vorhandener Baryt hätte hierbei als BaO, SO_3 zurückbleiben müssen, da aber das Gewicht des Verbrennungs - Rückstandes das Gewicht der Filterasche nicht übertraf, so war die Abwesen-

heit des Baryts dargethan. Die vom Schwefel abfiltrirte Flüssigkeit wurde mit Ammoniak neutralisiert und durch oxalsaures Ammoniak eine geringe Menge oxalsaurer Kalk gefällt, welcher nach dem Glühen und der üblichen Behandlung mit kohlensaurem Ammoniak $0,012 \text{ CaO}, \text{CO}^2 = 0,37 \text{ Proc. CaO}$ lieferte. Zur Bestimmung der Alkalien und der etwa vorhandenen Bittererde habe ich die indirekte Methode angewandt, welche ich in den Annalen der Chemie und Pharmacie Bd. 81, S. 117 beschrieben habe. Das Filtrat vom Kalkerdeneiderschlag wurde zur Trockne verdampft, die trockne Salzmasse im Platintiegel zur Verjagung der Ammoniaksalze geäugt, der Rückstand durch Schwefelsäure zersetzt und durch Glühen mit kohlensaurem Ammoniak in neutrales Salz verwandelt. Dieses wog 0,045 Grm.; seine Lösung im Wasser wurde mit Chlorbaryum gefällt und $0,060 \text{ BaO}, \text{SO}^3$ erhalten. Im Filtrat wurde, nachdem der überflüssige Baryt durch Schwefelsäure ausgefällt war, nur eine unwägbare Spur von Bittererde entdeckt. $0,060 \text{ BaO}, \text{SO}^3$ entsprechen $0,0206 \text{ SO}^3$, die gefundenen 0,045 Grm. enthalten also neben diesen noch 0,0244 Grm. Base. Da nun die 0,0206 Grm. SO^3 mit Kali zu KO, SO^3 vereinigt 0,0447, also fast genau die gefundene Menge (0,045) liefern müssen, so ist es unzweifelhaft, dass in der gefundenen Salzmenge nur Kali vorhanden ist.

Zur Bestimmung des Wassergehaltes wurden 1,379 Grm. bei 110° getrocknetes Pulver in einer Kugelröhre geäugt, während ein Aspirator die entweichenden Dämpfe in ein Chlorcalciumrohr führte, dessen Gewicht hierbei um 0,0555 Grm. zunahm, entsprechend 4,02 Proc. HO. Die Kugelröhre mit dem Pulver hatte während des Glühens 0,136 Grm. verloren; zieht man hiervon die 0,0555 HO ab, so ergiebt sich, dass beim Glühen 0,0805 Grm. O entwichen sind. Eine Probe des in der Kugelröhre geäugten Pulvers zeigte beim heftigsten Glühen im Platintiegel keine Gewichtsveränderung.

Hiernach ergiebt sich folgende Zusammensetzung des Minerals:

Mangan
Sauerst.
Sauerst.
Kupfer
Kobalt
Kalker
Kali
Wasse
Unlösli

Dar
lomelar
sich ab
geringe
gen Sa
genden
dener
terbuch

Mangan	61,37	} als Mn ³ O ⁴ bestimmt
Sauerstoff	23,80	
Sauerstoff	4,49	durch Glühen ausgetrieben
Kupferoxyd	1,28	mit 0,26 Sauerstoff
Kobaltoxyd	0,31	0,06 "
Kalkerde	0,37	0,11 "
Kali	1,36	0,23 "
Wasser	4,02	3,55 "
Unlösliches	2,51	
	<u>99,51.</u>	

Das untersuchte Mineral würde also zu den Kali-Psilomelanen gehören. Seine Zusammensetzung unterscheidet sich aber von der anderer Psilomelane wesentlich durch den geringen Gehalt an sogenannten freiem oder überschüssigem Sauerstoff. Zur leichtern Uebersicht habe ich in Folgendem die früheren Analysen von Psilomelanen verschiedener Fundorte, wie sie in Rammelsberg's Handwörterbuch gesammelt sind, mit der meinigen zusammengestellt.

	SiO ₃	HO	KO	Na ₂ O	MgO	CaO	BaO	Al ² O ₃	Fe ² O ₃	CoO	CuO	Mn ⁴ O ⁴	MnO	Ueberschüssiger O	
1. von Schieberg; dichter, nach Turner	0,27	6,22	.	.	.	.	.	16,36	.	.	.	.	69,79	.	7,36
2. von Romanische nach Turner	0,95	4,13	.	.	.	.	.	16,69	.	.	.	.	70,97	.	7,26
3. ebendaher, nach Berthier	.	2,0 ¹⁾	4,0	.	.	.	.	16,5	.	.	.	.	70,3	.	7,2
4. a. dichter	.	5,6 ¹⁾	4,6	.	.	.	.	12,8	.	.	.	.	70,3	.	6,7
b. erdiger	.	Spur	4,2	4,5	.	.	.	.	.	.	.	.	81,8	.	9,5
5. von Baireuth nach Fuchs	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
6. von Horhausen, traubig, nach Rammelsberg	0,54	3,39	3,04	.	0,32	0,38	.	0,91	0,12	.	1,43	.	0,96	81,36	77,23
7. von Ilmenau, nach Claussbruch	0,52	5,29	.	.	1,05	0,91	.	6,55	0,77	.	0,40	.	.	.	15,82
8. von Gy nach Ebeltzen	0,60	1,67	4,05	.	.	1,8	6,8	2,1	0,3	.	.	.	.	70,60	14,18
9. von Ilmenau, nach Schieffler	1,7	4,3	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	83,3	.	9,8
10. von Heidelberg, traubig, nach Rammelsberg	0,90	1,43 ²⁾	2,62	.	0,21	0,60	8,08	.	.	.	0,54	0,30	.	70,17	15,16
11. von Elgerburg, nach Herter	2,70	0,92	.	0,64	1,84	2,40	.	0,20	8,59	.	0,46	.	.	74,61	16,06
12. von Schwarzenberg, nach Heyl	2,18	0,92	.	0,53	0,27	0,20	.	.	.	.	0,36	.	.	68,00	13,62
13. von Eisern, nach Schnabel	3,95	0,27	.	.	.	.	.	.	.	4,40	.	.	.	78,90	12,02
14. von Elgerburg, dicht, nach Rammelsberg	4,38	0,27	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
15. von Skidberg, dicht, nach Bahr	0,83	?	3,71 ³⁾	.	Spur	0,28	0,59	4,16	15,34	0,75	2,70	0,03	.	76,08	15,36
16. von Olpe, dicht	0,91	?	0,28	.	1,36	0,37	0,37	.	.	—	0,31	1,28	85,17	.	61,82
	2,51	4,02	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	16,41 ⁴⁾	4,49

- 1) unlösliches. 2) Wasser und Verlust. 3) und wenig Kalkerde. 4) Glühverlust mit Einschlüsse des Wassers.

Die ersten A durch, lomelan Oxydat von de net, e der Sa gans, im entha Baltse pfern Psilo wona Mn : mehr erklä such

Diese Zusammenstellung zeigt deutlich, dass zu den meisten Analysen kein reines Mineral verwendet ist. Auch dadurch, dass man, von der Ansicht ausgehend, dass der Psilomelan eine Verbindung von MnO mit einer höheren Oxydationsstufe des Mangans sey, für sämmtliche Basen von der Formel RO die aequivalente Menge MnO berechnet, erhält man für das Verhältniss zwischen der Anzahl der Sauerstoffatome und den Atomen des reducirten Mangans, ziemlich abweichende Werthe. Es sind nämlich

in 1 auf 1 Atom Mangan	1,75 Atom Sauerstoff
» 2 » 1	» 1,75
» 3 » 1	» 1,70
» 4 » 1	» 1,71
» 5 » 1	» 2,03
» 6 » 1	» 1,85
» 7 » 1	» 1,83
» 8 » 1	» 1,77
» 9 » 1	» 1,84
» 10 » 1	» 1,82
» 11 » 1	» 1,88
» 12 » 1	» 1,82
» 13 » 1	» 1,68
» 14 » 1	» 1,86
» 15	»
» 16 » 1 1	» 1,59

enthalten.

Bekanntlich hat Rammelsberg, gestützt auf seine Kobaltschwärze — $\frac{CoO}{CuO} \left\{ 2MnO^2 + 4HO \right.$ — und der Kupfermanganschwärze — $\frac{MnO}{CuO} \left\{ 2MnO^2 + 2HO \right.$ — für den Psilomelan die Formel MnO , $2MnO^2 + 2HO$ aufgestellt, wonach er auf 3 At. Mangan 5 At. Sauerstoff (oder 1 At. Mn : 1,66 At. O) enthalten würde. Dass fast alle Analysen mehr Sauerstoff nachweisen, als diesem Verhältniss entspricht, erklärt sich ungezwungen aus der Annahme, dass die untersuchten Proben Pyrolusit eingemengt enthalten haben. Die

Analyse des Braunsteins von Olpe allein giebt weniger Sauerstoff an, als dem Verhältnis 1 : 1,66 entspricht. Dieses kann, da die Analyse mit grosser Sorgfalt ausgeführt wurde, nicht durch die Annahme einer fehlerhaften Bestimmung, sondern nur dadurch erklärt werden, dass nur solche Stücke zur Untersuchung ausgewählt sind, welche vollkommen homogen waren. — Die Analyse giebt für Mangan, Sauerstoff und Wasser das Atomverhältnis

$$1 : 1,6 : 0,22$$

oder

$$5 : 8 : 1,1,$$

welches auf die Formel



führen würde.

Ich wage nicht, auf Grund dieses Ergebnisses meiner Untersuchung den Braunstein von Olpe als eine neue, von dem Psilomelan verschiedene Mineralspecies zu erklären, und ebensowenig, zu behaupten, dass für den Psilomelan von andern Fundorten die Formel $2 \text{ MnO}, 3 \text{ MnO}^2 + \text{HO}$ richtiger sey als $\text{MnO}, 2\text{MnO}^2 + \text{HO}$. Es ergiebt sich aus dem Obigen von neuem, dass es wiederholter Analysen reiner Stücke bedarf, um über die Formel des Psilomelans im Allgemeinen entscheiden zu können.

XIII. Ueber ein aus braunsteinhaltigen Erzen erblasenes Roheisen; vom Dr. K. List.

Der im vorhergehenden Aufsatz erwähnte Brauneisenstein von der Grube Löh ist viele Jahre hindurch vorzugsweise auf dem Hochofen von Rüblinghausen bei Olpe verhüttet worden. Obgleich die mit der Zeit immer mehr zunehmende Beimengung von Psilomelan nicht unbemerkt geblie-

ben ist, so hat man doch das wirkliche Wesen desselben nicht geahnt, sondern sich damit begnügt, das Erz durch den Namen »Blaustein« als ein besonderes Eisenerz zu bezeichnen. Erst im Anfange vorigen Jahres, als die Menge des ausgebrachten Eisens bedeutend hinter der berechneten zurückblieb, wurde das Erz einer genaueren Untersuchung unterworfen, welche ergab, daß der sogenannte Blaustein zum größeren Theile aus Braunstein bestand.

Die Möllerung bei der fraglichen Campagne zu Rüblinghausen bestand nach einer mir durch Hrn. G. Lehrkind in Haspe gütigst gemachten Mittheilung im Durchschnitt aus $\frac{2}{3}$ Spatheisenstein, aus dem Siegener Revier, beste Sorte und $\frac{1}{3}$ Brauneisenstein, welcher zur Hälfte von der Grube Löh war, und 50 bis 60 Proc. Braunstein enthielt. Hierdurch bestand etwa $\frac{1}{3}$ aus Psilomelan. Da es mir unzweifelhaft schien, daß die Analyse des bei einer an Mangan so reichen Beschickung erblasenen Eisens das Maximum des Mangangehaltes ergeben würde, welcher von Roheisen aufgenommen werden kann, so bemühte ich mich, mir eine Probe davon zu diesem Zwecke zu verschaffen. Ich erhielt eine solche in Rüblinghausen selbst durch den Platzmeister der Hütte und halte mich über die Aechtheit derselben vollkommen überzeugt. Leider waren die zugleich gefallenen Schlacken schon völlig vom Hüttenplatze abgeräumt, so daß ich darauf verzichten mußte, diese zugleich zu untersuchen.

Das fragliche Eisen ist im Aeußern von normalem weißem Eisen durchaus nicht verschieden. Es zeigt indessen geringe Härte, indem es nicht in Glas einschneidet und selbst von Spiegeleisen stark geritzt wird. Es hat sich als sehr strengflüssig gezeigt und aus diesem Grunde beim Herausziehen aus dem Heerde grofse Schwierigkeiten verursacht. Es rostet sehr schnell und wird von Salpetersäure ungewöhnlich stark angegriffen. Bei der Behandlung mit Königswasser scheidet sich kein Kohlenstoff ab, es entsteht eine vollständige Lösung.

Ich habe mich vorläufig auf die Bestimmung des Siliciums

und Mangans beschränkt. 1,761 Grm. lieferten 0,055 vollkommen weiße Kieselsäure und 0,092 Mn³ O⁴. Hiernach enthält das Eisen

Silicium	1,46 Proc.
Mangan	3,80 "

Die Voraussetzung, daß das fragliche Eisen sich durch einen ungewöhnlich hohen Mangangehalt auszeichnen würde, hat sich mithin nicht bestätigt. Die gefundene Menge bleibt sogar hinter der im Spiegeleisen von verschiedenen Chemikern nachgewiesenen Menge (4 bis 7 Proc.) noch zurück und stimmt mit derjenigen überein, welche Broméis in ordinärem weißem, aus Spattheisenstein zu Mägdesprung im Harz erblasenem Eisen gefunden hat (3,72 Proc.). Es ergibt sich also hieraus, daß durch einen vermehrten Zusatz von Mangan haltenden Erzen zur Beschickung der Mangangehalt des Roheisens nicht über das bisher gefundene Maximum gesteigert werden kann. Dafs dennoch der bedeutende Mangangehalt einen indirekten Einfluß auf das Eisen ausgeübt hat, ergibt sich aus seinen oben erwähnten Eigentümlichkeiten. Diese machen es unzweifelhaft, daß es eine sehr geringe Menge Kohlenstoff enthält. Es folgt dieses nicht nur aus dem Verhalten gegen Säuren; die geringe Härte, die Strengflüssigkeit, ja auch einige Notizen, die ich über das Verhalten im Puddelofen erhalten habe, zeigen, daß es in einem unvollständig gekohlten, halbgefrischten Zustande den Hochofen verlassen hat. Bei einem Versuch das Eisen für sich allein zu Stabeisen zu puddeln "ist es nicht recht hoch gekommen", d. h. es ist keine starke Entwicklung von Kohlenoxydgas eingetreten, hat aber schließlich doch gutes Stabeisen geliefert; als Zusatz zu schwerfrischenden, also kohlenstoffreichen Eisensorten hat es sehr günstigen Einfluß ausgeübt. Durch alle diese Verhältnisse scheint mir ein geringer Kohlenstoffgehalt mit ebenso großer Entschiedenheit bewiesen zu seyn, als wenn es durch eine analytische Bestimmung geschehen wäre, zu welcher mir leider die Hülfsmittel gefehlt haben.

Auf welche Weise der Braunstein die höhere Kohlung

des Eisens verhindert, ist leicht zu erklären. Wenn im Hochofen die mit Braunstein gemischten Eisenerze in die Reductionszone gelangen, so wird durch Einwirkung des Kohlenoxydgases das Eisenoxyd zu metallischem Eisen reducirt, während die höheren Oxydationsstufen des Mangans nicht weiter als zu Manganoxydul reducirt werden können, da dieses weder durch Wasserstoffgas noch durch Kohlenoxyd, sondern nur durch Kohle in der Weißglühhitze in Metall verwandelt werden kann. Während das erhaltene Gemenge von metallischem Eisen und Manganoxydul die Kohlungszone passirt, nimmt ersteres allmählich mehr und mehr Kohlenstoff auf, das Manganoxydul aber bleibt unverändert. Erst in der Schmelzzone findet eine chemische Einwirkung auf das Manganoxydul statt; ein Theil wird bei der hier eintretenden Schlackenbildung verwendet, ein anderer bei der vorhandenen hohen Temperatur durch Kohlenstoff reducirt. Durch diese Reduction aber wird dem Eisen unmöglich gemacht, sich mit Kohlenstoff zu sättigen, indem theils der zur Sättigung erforderliche Kohlenstoff durch den Sauerstoff des Manganoxyduls in Anspruch genommen wird, theils aber auch vielleicht das Manganoxydul auf Kosten des mit dem Eisen verbundenen Kohlenstoffs reducirt wird. Die durch den Mangangehalt leicht flüssig gewordene Schlacke bewirkt ein schnelles Herabfließen aus der Schmelzzone und das Eisen kommt unvollkommen gekohlt in den Heerd.

Hagen, im August 1859.

**XIV. Ueber den Einfluss des Nordlichts auf den elektrischen Zustand der Atmosphäre;
von F. Dellmann.**

Es ist eine sehr beachtenswerthe, in den letzten Jahren mehrfach beobachtete Erscheinung, daß das Nordlicht elektrische Ströme in den Telegraphendrähten hervorruft. Diese Thatsachen ließen mich vermuthen, daß es auch den statisch-elektrischen Zustand der Atmosphäre verändere. Erst gestern Abend hatte ich Gelegenheit, darüber Beobachtungen zu machen.

Gegen halb 9 Uhr wurde ich darauf aufmerksam gemacht, daß ein Nordlicht zu sehen sey. Ich ging hinaus, um es auf einem freien Platze zu beobachten. Die Erscheinung war unzweifelhaft ein Nordlicht, aber es war schwach. Zuerst zeigte es sich in NW., ohne Strahlen, aber mit einer kleinen Wolke am Horizonte; sonst war der ganze Himmel wolkenfrei. Anfangs war die Erscheinung im Zunehmen, das Licht wurde heller, die Wolke am Horizonte vergrößerte sich, das Ganze zog sich immer mehr nach N. Jetzt, etwa 8^h 45', ging ich hinauf zum Messen der Luft-Elektricität. Die auf einander folgenden Quantitäten betrugen: 217,3; 182,2; 141,4; 126,4; 127,6. Während dieser Messungen war es 9^h geworden, die Erscheinung hatte abgenommen und sich immer weiter nach N bewegt. Nach einer etwas längeren Pause wurde wieder gemessen. Die Lichterscheinung war schwach, aber die Wolken in NW. und N. hatten sich bedeutend gemehrt. Die Quantitäten zweier durch eine kleine Pause getrennter Messungen betrugen: 88,5; 82,3. Jetzt wurde eine gröfsere Pause gemacht.

Etwa 15' vor 10^h waren die Wolken geringer, aber das Licht in N. stärker. Die erste Messung ergab jetzt das Quantum: 85,5; eine zweite nach 5 Min.: 83,3.

Die nun folgenden Beobachtungen von 10^h bis 12^h stelle

ich der bessern Uebersicht wegen in folgender Tabelle zusammen. Wo zwei oder mehr Quantitäten stehen, wurden ebensoviel Messungen unmittelbar hintereinander gemacht. Die Zeit für eine Messung ist 1 bis 2 Minuten. Die Einheit bei den Zahlen ist, wie früher, die Spannung eines Elementes einer Zink-Kupfer-Säule.

Zeit.	Quantitäten.	Bemerkungen.
10 ^h	101,6	Die ganze Erscheinung schwach.
10 ^h 5'	100,5	
10 ^h 15'	91,7	Wolken fast verschwunden und Licht ebenfalls. Am Rande einer Wolke in N. ein plötzliches, helles Leuchten, als röhre es von einer Sternschnuppe her.
10 ^h 21'	95,1	Licht fast unscheinbar.
10 ^h 30'	90,3	Die ganze Erscheinung fast verschwunden.
10 ^h 39'	128,9 128,9	Ebenso.
10 ^h 45'	121,3 121,3	Licht etwas stärker.
10 ^h 52'	125,1 125,1	Licht und Gewölk im Zunehmen.
11 ^h	128,9 128,9	Zunahme des Lichts und Gewölks.
11 ^h 8'	126,3 121,3 122,2	Licht fast strahlig, was vorher nicht. Zunahme des Gewölks, welches jetzt zum ersten Mal das Licht überragt und Lücken bekommt, vorher aber ein dichter Streifen von NO. nach SW. gerichtet.
11 ^h 15'	111,7 109,4	Gewölk bedeutend zerrissen, Licht deshalb mehr sichtbar.
11 ^h 22'	95,9 95,9	Das obere Gewölk theilt sich immer mehr, aber am Horizont bildet sich wieder ein neues, dichtes Band. Licht kaum noch wahrnehmbar.

Zeit.	Quantitäten.	Bemerkungen.
11 ^h 30'	114,0	Gewölk am Horizont immer höher,
	119,6	fängt an sich zu theilen; Licht etwas stärker.
11 ^h 45'	109,4	Der ganze nordwestliche Himmel be-
	123,8	wölkt und vom Nordlicht Nichts
	123,8	mehr zu sehen.
	109,4	
	108,2	
12 ^h	68,3	Wie oben, nur dass in NW. am Ho-
	69,2	rizont ein hellerer Streifen sich zeigt.
		Der Himmel fast ganz mit Streifen überzogen.

Bei allen Messungen war die Luft + elektrisch.

Das mittlere Quantum der Beobachtungen der Luft-Elektricität vom Sept. Abends 10^h ist 97,9; das von gestern Abend ist um dieselbe Zeit 101,6, und sinkt, wie wir sehen, bald unter jenes Mittel. Das Nordlicht war gegen 10^h auch sehr schwach. Ein Quantum, wie das erste gestern Abend beobachtete, findet sich in meinen Tabellen nicht vom März bis incl. September; das zweite ungefähr einmal im Mai und einmal im Juni; beide röhren also wohl von der beobachteten Erscheinung her. Nehmen wir dazu das ziemlich regelmäfsige Fallen und Steigen der Quantitäten mit der Ab- und Zunahme der Erscheinungen des Nordlichts, so möchte sich daraus die Behauptung rechtfertigen:

Das Nordlicht erhöht den + elektrischen Zustand der Atmosphäre.

Kreuznach, d. 2. October 1859.

XV. Ueber ein Elektrometeor;
von J. Schneider in Düsseldorf.

Am 18. August v. J., des Abends um 9 Uhr 50 Minuten, beobachtete ich von einem Garten der Stadt Emmerich aus, etwa 30 bis 35° über dem südlichen Horizonte, eine *Lichtsäule* am Himmel, die mich für den ersten Augenblick bald an das Zodiaciallicht, bald an die Streifen des Nordlichts erinnerte, wovon ich mich jedoch bald überzeugte, dass sie zu keinem dieser Lichtphänomene zu rechnen sey. Die Breite dieses Lichtgürtels betrug durchschnittlich vier Vollmondsbreiten, und in seiner Längsrichtung zog sich derselbe von Osten nach Westen auf mindestens 20° her, wobei eine etwaige Fortsetzung nach dem östlichen Horizonte hinab ungewiss bleibt, da hier eine Häuserreihe die Beobachtung verhinderte. Die Seiten des Lichtstreifens waren ziemlich scharf und fast parallel begränzt, das westliche Ende aber zeigte einen ganz unregelmässig wolkenartig zerzausten Saum; es hatte hier das Ansehen eines leuchtenden Wölkchens, von welchem ausgehend der Lichtstreif, indem er sich nach Osten erstreckte, allmählich sowohl an Breite als an Lichtstärke etwas abnahm. Das ganze Meteor leuchtete mit gelblichem etwas ins Röthliche spielendem Lichte, das sich von dem dunkeln, wolkenleeren Nachthimmel stark abhob; auch rückte dasselbe fast unmerklich in nordwestlicher Richtung vor, wobei in seinem wolkenartig gestalteten westlichen Ende eine stärkere Bewegung, wie eine Art Gähren, vor sich ging, die eine starke Formänderung desselben zur Folge hatte. Zu gleicher Zeit wurde vom westlichen Horizonte her ein starkeres Wetterleuchten wahrgenommen, das von einem in weiterer Entfernung unter dem Horizonte befindlichen Gewitter herrührte, und ich glaubte zu bemerken, dass die Helligkeit des Lichtstreifens bei dem jedesmaligen Aufleuchten des Blitzes am stärksten gewesen und in Pausen wiederum abgenommen hatte; wenigstens konnte

ich mit voller Sicherheit ein wechselndes Ab- und Zunehmen der Lichtintensität deutlich beobachten, und mit dem Aufhören des Wetterleuchtens erlosch auch gleichzeitig das Meteor, ohne einen sichtbaren Rückstand zu hinterlassen. Die ganze Dauer der Beobachtung betrug 6 bis 7 Minuten, wobei die wirkliche Dauer des Phänomens ungewifs bleibt, indem derselbe bereits vorhanden war, als ich auf jenen Theil des Himmels aufmerksam wurde. Als sehr bemerkenswerth ist noch hervorzuheben, daß der ganze östliche Himmel, der nur hier und da einen kleinen dunkeln Wolkenstreifen zeigte, sonst aber völlig klar war, bis zum Zenith herauf mit einem hellweissen Lichte leuchtete, das der Milchstrafse in ihrem hellsten Theile völlig gleich kam. Dieser weisse Lichtschimmer nahm mit dem Aufhören des Wetterleuchtens gleichfalls aber nur allmählich ab, dauerte jedoch mit stetig verminderter Intensität noch einige Zeit an, als bereits die übrigen Phänomene völlig verschwunden waren¹⁾.

- 1) Ich enthalte mich vorläufig jedes Erklärungsversuches, und bemerke nur, daß die Erscheinung mit den von mir in diesen Annalen Bd. 98, von Gallenkamp ebend. und in meiner Abhandlung über elektrische Figuren, Emmerich 1856, sowie mit den von Arago in der Abhandlung über Donner und Blitz, und von Muncke in Gehler's physikalischer Wörterbuche s. g. Nordlicht beschriebenen, sowie den in Kastner's Meteorologie II, S. 411, 524, 583 angezogenen Phänomenen in einer und dieselbe Classe gehört. Man hat diesen der Lustelektricität angehörigen Lichtmeteore nicht die ihnen zukommende Aufmerksamkeit gewidmet, vielmehr dieselben *gar häufig mit dem eigentlichen Nordlichten verwechselt*, obgleich nicht zu bezweifeln ist, daß wir eine eigene Classe von Elektrometeoren vor uns haben, deren genaueres Studium mit einer künftigen Theorie des Gewitters in naher Beziehung steht.