



A
61

Technische Universität
Chemnitz
Universitätsbibliothek

(1880)

XXXVI. Jahrgang

Verhandlungen
der
physikalischen Gesellschaft in Berlin
Band I, 1882.

Verhandlungen

187

der mathematischen Gesellschaft in Berlin

Band I

Inhaltsverzeichnis
der
Verhandlungen der physikalischen Gesellschaft in Berlin
Band I, 1882.

	Seite
A. CHRISTIANI. Ueber Aperiodicitätsstörung durch dämpfende und antastasirende Eisenmassen	1
— — Theorie der Wirkung dünner Eisenschichten auf einen strommessenden Magnet	7
— — Ueber Poroskopie	10
WANGERIN. Theorie der NEWTON'schen Ringe	12
HERTZ. Ueber ein neues Hygrometer	18
MÜLLER-ERZBACH. Die aus der Dichtigkeit der Verbindungen abgeleitete chemische Verwandtschaft des Phosphors zu den Metallen	19
A. KÖNIG. Ueber das Leukoskop	23
HELMHOLTZ. Bemerkung zu dem vorstehenden Vortrag	27
HAGEN. Compressionspumpe von Stöckrath	28
BIERMANN. Ueber Meeresströmungen	28
CHRISTIANI. Glühlichtlampe von DÖRFFEL	28
A. KÖNIG. Ueber die elektromotorische Kraft der GROVE-LANDOLT- und BUNSEN-LANDOLT-Elemente	28
H. KAYSER. Ueber Verdichtung der Gase an Körpern mit grosser Oberfläche	31
KALISCHER. Ueber die Molekularstruktur der Metalle	33
NEESEN. Ueber die Methode von D'ARSONVAL zur Aufrechterhaltung constanter Temperaturen	39
WANGERIN. Ueber die Theorie der Interferenzstreifen eines keilförmigen Blättchens	42
C. BAUER. Ein neues Thermoskop	47
HOLZMÜLLER. Elektrochemisch erhaltene Curven der Stromvertheilung	49

	Seite
KAYSER. Ueber die Schallgeschwindigkeit im Holz	49
TH. GROSS. Ueber Selen und Schwefel	51
B. SCHWALBE. Beobachtungen an einigen Eishöhlen	53
H. W. VOGEL. Ueber ein Photometer zur Messung der chemi- schen Wirkung des Lichts	59
FRÖLICH. Dynamoelektrische Maschinen	64
BRAUN. Apparat zur Bestimmung der Entzündungstemperatur des Petroleums	64
THIESEN. Ueber den Einfluss der Erdrotation auf die Ablenkung der Geschosse	64
H. HERTZ. Ueber die Härte der Körper	67
CHRISTIANI. Das FERDINAND RÜCKERT'sche Verfahren der gal- vano-plastischen Conservirung organischer Körper unter Er- haltung der feineren Strukturverhältnisse	69
LANDOLT. Polarisationsapparat	70
HAGEN. Ueber die Messung von Quecksilber-Dampfspannungen bei niedrigen Temperaturen	70
NEESEN. Ueber die specifische Wärme des Wassers	74
HERTZ. Ueber die Spannung des gesättigten Quecksilberdampfes	80
HAGEN. Bemerkung zu dem Vortrage des Hrn. HERTZ	84
NEESEN. Quecksilberluftpumpe	86
O. BRAUN. Eine Verbesserung am HUYGENS'schen Barometer .	87
KAYSER. Apparat zur photographischen Momentan-Aufnahme .	90
NEESEN. Bemerkung zum Vortrag des Hrn. THIESEN auf p. 64	90
A. KÖNIG. Ueber neue Beobachtungen mit dem Leukoskop . .	90
E. HAGEN. Ueber die Wärmeausdehnung des Natriums, des Kaliums und der bei gewöhnlicher Temperatur flüssigen Le- gierung beider in festem und in geschmolzenem Zustande, so- wie über die Bestimmung ihrer Capillaritätsconstanten . . .	94
HELMHOLTZ. Bericht über die internationale elektrische Com- mission	101
HERTZ. Dynamometer	102
HELMHOLTZ. Thermochemische und elektrochemische Unter- suchungen	104
A. CHRISTIANI. Ueber Absorption des Schalles durch Resona- toren	104

Verhandlungen der physikalischen Gesellschaft in Berlin.

No. 1.

1882.

Sitzung vom 20. Januar.

Vorsitzender: Herr DU BOIS-REYMOND.

Professor **Arthur Christiani** machte folgende Mittheilungen:

- 1) Ueber Aperiodicitätsstörung durch dämpfende und antastasirende Eisenmassen*).

Als im Anfang Mai 1879 Herr E. DU BOIS-REYMOND eine Spiegelbussole aufstellte und die Herbeiführung des von ihm entdeckten aperiodischen Zustandes**) für den strommessenden Magnet in gewohnter Weise mit Hilfe des HAUY'schen Stabes herbeiführen wollte, stiess der Genannte auf eine bis dahin ihm noch nicht vorgekommene höchst merkwürdige Störung in der Bewegung des zur Gleichgewichtslage zurückkehrenden Magnetspiegels. Anstatt nämlich den Nullpunkt bei stetig sich ändernder Geschwindigkeit in einer bestimmten Beruhigungszeit zu erreichen***), machte der Magnet in einem gewissen Abstände vom Nullpunkte Halt, d. h. seine Geschwindigkeit wurde plötz-

*) Das Nachstehende ist im Wesentlichen identisch mit dem Inhalte des am 27. Juni 1879 in der physikalischen Gesellschaft gehaltenen Vortrages. s. Fortschritte d. Physik im Jahre 1875. Berlin 1880. pag. XXIII.

**) E. du Bois-Reymond: „über aperiodische Bewegung gedämpfter Magnete“ in Monatsber. d. K. Akademie d. W. zu Berlin 1869.

***) Nach du Bois-Reymond wird die Scala (1 meter) von der Mitte aus getheilt, es fällt somit der Nullpunkt in den Meridian.

lich sehr klein und wechselte auch wohl das Zeichen zweimal hintereinander, wodurch ein kleiner Haken in der Curve der Ablenkungen des Magnetes entstand. Dieser Haken war jedoch keineswegs regelmässig vorhanden; eine Discontinuität in der Geschwindigkeitscurve zeigte sich aber stets und sie bestand eben darin, dass bei einer gewissen Entfernung vom Nullpunkte die nach dem Meridian hin gerichtete Geschwindigkeit plötzlich auf Null sank und dann dauernd ausserordentlich kleine von Null verschiedene Werthe beibehielt. Ein beständiges langsames Weiterkriechen des Magnetes als Nachwirkung einer vorausgegangenen Ablenkung auch durch die schwächsten Ströme giebt aber eine Störung ab, welche die Bussole zu Messungen und Beobachtungen untauglich macht. Herr E. DU BOIS-REYMOND, welcher mit anderen wichtigen Untersuchungen beschäftigt war, ersuchte mich daher, der Ursache dieser fatalen Störung nachzuspüren. Sehr lange blieben meine Entdeckungsversuche völlig vergeblich: die Erscheinung schien in ein wahrhaft gespenstisches Dunkel gehüllt. Nur an der einen Bussole zeigte sie sich, aber hier auch stets: so oft der Faden auch erneut, überhaupt die ganze Aufstellung auf das sorgfältigste ab ovo wiederholt und so oft auch der Standort gewechselt wurde. Nur als ich an Stelle des Vollspiegels*) einen ringförmigen Magnet mit Glasspiegel in die Bussole hängte, blieb die Störung aus. Es schien also der Vollspiegel an Allem Schuld zu sein. War er vielleicht nicht gesättigt? Keineswegs war dies der Grund, denn in einer anderen Bussole bewegte sich derselbe Magnetspiegel so tadellos und vorschriftsmässig, wie ein eben aperiodisch gemachter Magnet sich nur bewegen kann. Schon wollte ich die Sache als hoffnungslos aufgeben, als ich eines Tages bei nochmaliger Wiederholung der gesammten Aufstellung bemerkte, dass der eben erst mit Hülfe des HAUY'schen Stabes auf Null eingestellte, allerdings freihängende, also Luftzügen ausgesetzte Magnet eine Deviation von über zweihundert Scalentheilen erfuhr, sobald ich den Dämpfer der Bussole mit den zugehörigen Messingkapseln schloss. So war das Räthsel gelöst: die eine der beiden Messingkapseln

*) d. h. des vollen scheibenförmigen Magnetspiegels.

erwies sich als stark magnetisch. Drehungen der Kapsel im Dämpfer liessen die störenden Ablenkungen bald grösser bald kleiner erscheinen. Dabei war die Empfindlichkeit der Bussole mit der fatalen Messingkapsel stets grösser, als wenn der Dämpfer mit Glimmerblättchen oder mittelst der von mir eingeführten massiven Kupfercylinder *) geschlossen wurde und zwar fand diese Erhöhung der Empfindlichkeit für alle Stellungen der Messingkapsel statt. Ein in der Kapsel festliegendes und permanentes magnetisches Moment konnte also nicht Ursache der Störungen sein, wohl aber musste an Verunreinigungen des Messings durch weiches Eisen oder ein anderes magnetisches Metall gedacht werden. Versuche durch Aufstellung von kleineren oder grösseren Eisenplatten in der Nähe des Magnetes die Erscheinungen so zu gestalten, wie sie die Messingkapsel hervorrief, schlugen durchaus fehl. Es zeigten sich natürlich zwar Ablenkungen aus dem Meridian grösseren oder kleineren Betrages je nach der Grösse, Stellung und Entfernung der Eisenmassen; auch die Empfindlichkeit war erhöht, freilich in weit geringerem Maasse; aber die Bewegung des Magnetes war tadellos aperiodisch und zwar gerade so, als ob die Eisenmassen nicht vorhanden gewesen wären. Jenes entsetzliche endlose langsame Hinkriechen des Magnetes zum Nullpunkt fehlte durchaus. Erst als sehr kleine Mengen (0,5 mg und weniger) eines äusserst feingepulverten Eisens (*ferrum hydrogenio reductum*) in grosser Nähe vom Magnetpiegel angebracht wurden, gelang es die Störung der Messingkapsel mit vollkommener Treue nachzuahmen. Das Eisenpulver wurde hierbei mit Klebwachs verrieben und auf ein Papierscheibchen vom Durchmesser der Messingkapsel gestrichen und sorglich mit einer schützenden Hülle umgeben, damit nicht etwa Eisentheilchen nichtgewollte Verunreinigungen des Dämpfers herbeiführen könnten. Diese so präparirte Eisenschicht wurde vertical neben dem strommessenden Magnete aufgestellt, indem ich das Papier auf das dem Magnete zugewandte Ende des einen der den Dämpferverschluss bildenden Kupfercylinder aufklebte. Wurde dann der Magnet abgelenkt, so zeigten sich beim

*) Pogg. Ann. Ergzbd. VIII, p. 567.

Oeffnen des ablenkenden Stromes jene oben beschriebenen Aenderungen in der Geschwindigkeit, jenes nach mehr oder minder kurzem Halt eintretende, äusserst langsame Vorwärtskriechen in der Nähe des Nullpunktes, in einem Abstände von, je nach Umständen, 10—30 Scalentheilen. Die Empfindlichkeit der Bussole war, wie bei Anwendung der Messingkapsel, gesteigert. So fand ich beispielsweise folgende Ablenkungen für je einen schwächeren und einen stärkeren Strom:

	Ohne Eisen	Mit Eisen
I.	1,5	6,5
	100,0	300,0
II.	18,5	27,5
	100,0	142,0
III.	20,0	33,0
	100,0	178,0

Für eine vertikal gestellte, kreisförmige, frisch geglühte Eisenscheibe von 20,0 mm Durchmesser und 0,5 mm Dicke fand sich im Abstände von 45,0 mm vom Magnete die Ablenkung von 100,0 sc auf 105,0 sc erhöht. Die aperiodische Bewegung war dagegen vollkommen rein; jenes Kriechen durchaus nicht bemerkbar; die Beruhigungszeit erschien nicht merklich verändert. Dabei musste der HAUY'sche Stab ergiebig gehandhabt werden*), wollte man den Nullpunkt wieder in das Gesichtsfeld des Ablesefernrohres bringen; denn die Ablenkung durch die Eisenplatte betrug volle 290,0 sc. Eine andere vertical gestellte Eisenplatte von 55,0 mm Durchmesser und 0,3 mm Dicke erzeugte im Abstände von 50,0 mm vom Magnete eine Abweichung vom Nullpunkte um 305,0 sc; auch hier war die Empfindlichkeit der Bussole um ein Geringes erhöht, die Beruhigungszeit nicht merklich geändert und die Aperiodicität vollkommen rein. Aus diesen und ähnlichen Versuchen, bei denen die Eisenplatten horizontal liegend und in demselben Abstände vom Magnete unterhalb derselben angebracht wurden, ergiebt sich, dass grössere Eisenmassen in einer Entfernung, für welche sie noch er-

*) vom Platze aus; s. E. du Bois-Reymond Monber. d. Berl. Akad. vom 14. Dec. 1874 pag. 772 ff.

trägliche, weil ablesbare, Ablenkungen erzeugen, das „Phänomen gestörter Aperiodicität“ nicht mehr hervorbringen, wohl aber vermögen dies in grösserer Nähe (bis etwa 10,0 mm) vom Magnet befindliche minimale, auf einer grösseren Fläche vertheilte Eisenmengen. Es ergibt sich ferner aus den Versuchen, dass die Empfindlichkeit der Bussole durch minimale Spuren von Eisen im Dämpfer oder in seiner nächsten Umgebung in höchst störender Weise verändert wird und zwar so, dass für schwache Ströme eine andere Empfindlichkeit vorhanden ist als für stärkere Ströme (s. das obige Zahlenbeispiel). Einige Experimentatoren haben über Schwierigkeiten bei Herstellung des aperiodischen Zustandes, andere über schwankende Empfindlichkeit der Spiegelbussolen zu klagen gehabt. Vielleicht dürften einige der betreffenden Fälle auf Verunreinigungen des Dämpfers oder seines Zubehörs zu beziehen sein. Unter normalen Verhältnissen schwankt die Empfindlichkeit einer aperiodisirten Bussole nur um solche Grössen, wie sie innerhalb der Grenzen der Beobachtungsfehler liegen*).

Besondere in Bezug darauf angestellte Beobachtungen ergaben ferner, dass das nach Entfernung des HAUY'schen Stabes bestimmte logarithmische Decrement weder durch die Messingkapsel noch durch die ihr äquivalente Eisenschicht oder durch die Eisenplatten merklich geändert wurde. Bei dem hohen Werthe der elektrodynamischen Dämpfung des Kupferdämpfers war dieses Resultat allerdings von vornherein zu erwarten. Die Eisenmassen konnten, wenn sie überhaupt dämpfend wirkten, jenes logarithmische Decrement wohl kaum mehr beeinflussen, als die Kupfermassen, welche ich der Peripherie der Dämpfer älterer Construction entzog, von denen ich aber gezeigt habe, dass ihr Einfluss auf die Höhe des logarithmischen Decrementes verschwindet**). Ganz anders ist von vornherein die Frage zu beantworten, ob eine von Seiten der Eisenmasse eventuell stattfindende Dämpfung

*) s. Christiani „über Dämpfung und Astasirung an Spiegelbussolen“ in du Bois-Reymond's Archiv 1879.

***) Christiani l. c.

auch einflusslos bleibt auf die Aperiodisirung der Bussole. Der Zustand, in welchem eben Aperiodicität erreicht wird, ist der, bei welchem die Richtkraft:

$$n^2 = \frac{m(H-S)}{M}$$

genau gleich ist der Dämpfungsgrösse

$$A = \varepsilon^2 = \frac{b^4}{4M^2}$$

in der Differentialgleichung der Bewegung des strommessenden Magnetes:

$$M \frac{d^2\alpha}{dt^2} + b^2 \frac{d\alpha}{dt} + m(H-S)\sin\alpha - kJ = 0,$$

worin α die Ablenkung aus dem Meridiane zur Zeit t , M das Trägheitsmoment, m das magnetische Moment des Magnetspiegels, H die horizontale Componente der Erdkraft, S die des HAUY'schen Stabes und k das Drehungsmoment der stromführenden Multiplicitorrolle für die Intensität des Stromes $J = 1$ bedeuten. Dieser Zustand $\varepsilon = n$ lässt sich durch das DU BOIS-REYMOND'sche Compensationsverfahren experimentell ausserordentlich scharf herbeiführen*), und ist er einmal erreicht, so müssen sich jäh einbrechende Variationen der Dämpfung oder der Richtkraft ausserordentlich bemerkbar machen, und um so bemerkbarer dann werden, wenn beiderlei Zustandsänderungen gleichzeitig und einander nicht compensirend auftreten. Die Variationen der Declination verschwinden bei mustergültigen Bussolen für Beobachtungszeiten von der Grössenordnung der Beruhigungszeit: es verschwinden auch für allein zulässige aber auch hinreichende Werthe der Astasie die Aenderungen der erdmagnetischen Kraft gegen die restirende auf die Magnetnadel wirkende Richtkraft**) und spontane Aenderungen der Dämpfungsgrösse kommen wohl überhaupt nicht vor. Treten aber in solchen dem Magnete dicht benachbarten Eisenmassen dämpfende und richtende und zwar „antastasirende“ d. h. die restirende Richtkraft vermehrende Kräfte bei der Bewegung des Magnetes auf, und wir haben gute

*) s. hierzu E. du Bois-Reymond l. c. und auch Christiani in Poggend. Ann. Ergbd. VIII, pag. 561 ff.

**) Christiani in du Bois-Reymond's Archiv l. c.

Gründe solche anzunehmen, so werden Störungen der Aperiodicität die Folge sein und dieses zeigen eben unsere oben angeführten Beobachtungen. Wir werden daher schliesslich sagen: wurde reine Aperiodicität unter Anwendung des DU BOIS-REYMOND'schen Compensationsverfahrens erzielt, so spricht dieses den Dämpfer von Eisengehalt frei; die Herstellung exacter Aperiodicität ist füglich das beste Reagens nicht nur für die Reinheit und Güte des Dämpfers, sondern für die Brauchbarkeit der Bussole selbst als Messapparat; denn ohne Herbeiführung des Zustandes $\varepsilon = n$ werden minimale Eisenmassen im Dämpfer der Beobachtung sich leicht entziehen: ihre Anwesenheit genügt aber feine Messungen fehlerhaft ausfallen zu lassen, da ja bereits die kleinsten Ablenkungen nicht mehr als proportional der Stromstärke zu betrachten sind*).

2) Theorie der Wirkung dünner Eisenschichten auf einen strommessenden Magnet.

Um ein mehr ins Einzelne gehendes Verständniss der in der ersten Mittheilung gegebenen Vorgänge zu ermöglichen, dürfte die folgende theoretische Ueberlegung so lange am Platze sein, als nicht anderweitige noch anzustellende Beobachtungen**) gegen die grundlegende Annahme sprechen. Die oben bereits eingeführten Zeichen behalten wir bei. Es seien ferner m' und α' das magnetische Moment und die Ablenkung zur Zeit t einer fingirten Magnetnadel. Dabei soll $-m'$ für alle Werthe der Zeit äquivalent bleiben der gesammten magnetischen Induction des strommessenden Magnetes auf die ihm benachbarte Eisenmasse. Nennen wir nun noch $\alpha - \alpha' = (mm')$ den Richtungsunterschied zur Zeit t zwischen m und $-m'$, dann wird die Ablenkung f durch den constanten Strom J gegeben durch:

$$f = \frac{kJ}{(m - m' \cos(mm'))(H - S)}$$

*) Die Bussolen aus der Fabrik von O. Plath (jetzt in Potsdam) haben sich in Bezug auf Eisenfreiheit bisher glänzend bewährt.

**) s. unten.

Im Allgemeinen wird $\alpha - \alpha' = (mm')$ von Null verschieden und $\cos(mm') < +1$ sein; es wird (mm') nur für den Fall verschwinden, dass auch die Coërcitivkraft des Eisens als verschwindend klein angesehen werden darf, und dieses wollen wir als zulässig dann gelten lassen, wenn das Eisen sehr weich ist und die Ablenkungen α so klein sind, dass das Moment der fingirten Magnetnadel noch ganz in die vertical stehende und dem Meridian parallel gedachte Eisenplatte fallen würde. Für verschwindend kleine Coërcitivkraft und für kleine Ablenkungen würde also gelten:

$$f = \frac{kJ}{(m - m')(H - S)};$$

Für grössere Ablenkungen aber, oder wenn die festliegende Eisenschicht auch den kleinsten Ablenkungen gegenüber als unendlich dünn zu betrachten ist, werde der Widerstand gegen die Mitbewegung des Momentes m' mit m unendlich gross, weil dann das Moment m' der fingirten Nadel nicht mehr ganz oder gar nicht mehr in die Eisenmasse fallen würde. Unter diesen Annahmen können wir die beobachtete Störung der Aperiodicität vollständig erklären. Für grosse Ablenkungen F , wie sie durch einen Strom von der Intensität aJ erzeugt werden, haben wir dann:

$$F = \frac{kJ}{(m - m' \cos \alpha)(H - S)} a,$$

also wird, wenn m' als constant nach α betrachtet werden darf, was für relativ kleine Werthe von F nahezu gelten wird:

$$\frac{F}{f} = \frac{\frac{m}{m'} - 1}{\frac{m}{m'} - \cos \alpha} a,$$

oder da $m > m' > 0$ und $\alpha > 0$

$$\frac{F}{f} = \frac{1}{1 + a^2} a.$$

Für $m' = 0$, d. h. wenn gar kein Eisen vorhanden ist, haben wir:

$$\frac{F_0}{f_0} = a,$$

also:

$$\frac{F}{f} = \frac{1}{1 + a^2} \frac{F_0}{f_0}.$$

Ueberhaupt ist, wie man sieht, $f > f_0$ und $F > F_0$, d. h. die Empfindlichkeit der Bussole ist gesteigert, wenn Eisenmassen in der Nähe sind, aber die Empfindlichkeit für schwache Ströme ist grösser, als für starke Ströme; denn f fällt im Verhältniss zu F zu gross aus. Für grosse Werthe von F wird aber $\frac{dm'}{d\alpha}$ nicht mehr verschwinden, sondern es wird m' mit α wachsen und zwar schneller wachsen, als $\cos\alpha$ abnehmen, daher wird für grosse Werthe von F gerade das Umgekehrte stattfinden: es wird f zu klein werden im Verhältniss zu F . In der That ergeben unsere obigen beliebig herausgegriffenen Zahlenbelege:

$$433 > 300; \quad 149 > 142; \quad \text{aber } 165 < 178;$$

Was die Bewegungsform des Magnetes bei gestörter Aperiodicität betrifft, so folgt aus der Bedingung für die Aperiodicität $\varepsilon = n$, dass, wenn die Constante m durch hinzutretende Eisenmassen in die Variable $\mu = m - m' \cos(mm')$ übergeht, $\frac{dA}{d\mu} = \text{const.}$ sein müsste, wenn die Aperiodicität nicht gestört werden sollte, sonst würde entweder überaperiodische Bewegung mit vergrösserter Beruhigungszeit oder es würden Schwingungen erscheinen, je nachdem ob $\varepsilon \geq n$ wird. So lange also die Dämpfung A constant bleibt und dieses wird für dünne Schichten sehr weichen Eisens bei kleinen Ablenkungen der Fall sein, wird, weil $m' > 0$ ist, $\varepsilon = n$ sein: es wird überaperiodische Bewegung, langsames Kriechen des Magnetes in der Nähe des Nullpunktes beobachtet werden. Für grössere Abstände vom Nullpunkte wird bei sehr dünner Eisenschicht trotz des starken und schnellen Wachsens von m' der Dämpfungszuwachs bedeutend genug werden, um Aperiodicität nicht in Schwingungen übergehen zu lassen.

Ist das Eisen nicht ganz weich, so werden voraufgegangene Ströme permanente Momente in ihm zurücklassen, welche antastierend wirken, wodurch die Sache noch verwickelter wird und wobei dann solche hakenförmige Schwingungen, wie oben berichtet wurde, vereinzelt auftreten können. Dass in einem Falle einem Ringe gegenüber die eisenhaltige Kapsel sich wirkungslos erwies, muss durch die günstige Lage der Eisenmasse dem Ringe gegenüber erklärt werden.

Die grundlegende Annahme der vorstehenden Theorie fordert die Gültigkeit folgender zwei durch Versuche zu prüfenden Sätze:

- 1) Die Coërcitivkraft und mit ihr die Dämpfung einer unendlich dünnen Eisenplatte ist, wenn die Schwingungen des inducirenden Magnetes senkrecht zur Platte erfolgen, unendlich gross gegen die dämpfende Kraft, welche vorhanden ist, wenn die Schwingungen parallel der Platte stattfinden.
- 2) Die Dämpfung eines Magnetes, der senkrecht zu einer unendlich dünnen Eisenplatte schwingt, ist nur für unendlich kleine Schwingungen von der Amplitude unabhängig; sind die Schwingungen nicht unendlich klein, so wächst die Dämpfung mit der Amplitude.

3) Ueber Poroskopie.

(Unter Vorführung der erwähnten Experimente.)

An einer Thermosäule, wie sie für Messung strahlender Wärme dient, beobachtete ich eine eigenthümliche Erscheinung: beim Aufsetzen der einen Verschlusskapsel wich die andere, bereits aufgesetzte, zurück und die eine Kapsel folgte der anderen beim Hin- und Herschieben getreu nach, obgleich die Säule offenbar luftdicht eingekittet und von Porenkanälen in der Säule selbst nichts zu sehen war. Diese Erscheinung veranlasste die Construction der vor Ihnen befindlichen kleinen Apparate, die ich Poroskope nenne. Ein mit zwei Verschlusskapseln versehener Messingcylinder trägt festgelöthet um die Mitte seines Mantels eine ringförmige Scheidewand, welche bestimmt ist, die Bahnen der beiden Kapseln von einander zu trennen, damit nicht etwa die auf der Oberfläche des Cylinders beim Bewegen der einen der beiden Kapseln fortgeschobene Luft die andere Kapsel in Bewegung setzen könne. In dem Cylinder befindet sich ein luftdicht eingekitteter ($\frac{1}{2}$ Wachs, $\frac{1}{2}$ Kolophonium) Cylinder von Rothbuchenholz. Beim Aufsetzen der beiden Kapseln und der Bewegung der einen sehen Sie wie treu die andere Kapsel sich mitbewegt, so treu, dass es den Anschein hat, als bewege sich der Messingcylinder durch die ringförmige Scheidewand. Das

Phänomen hervorzurufen gelingt der spielenden Hand eines Kindes und ist so überraschend und lehrreich, dass es neben dem klassischen Quecksilberregen als Vorlesungsversuch vorgeführt zu werden verdient. Eine dritte besonders beigefügte Kapsel ist von einem ganz kleinen Loche durchbohrt, welches durch einen kleinen Stöpsel verschlossen werden kann. Mit dem Stöpselverschluss fungirt die Kapsel wie die anderen beiden; nach Entfernung des Stöpsels ist von dem Phänomen nicht die Spur mehr vorhanden. Ein von einem Mauersteine dichtester Art (Klinker) gefertigter Cylinder zeigt in dem Poroskope dieselbe Erscheinung, nur macht sich ein deutlicher Phasenunterschied in der Mitbewegung bemerklich. Altes trockenes Eichenholz, Elfenbein, Kork und, was besonders interessant, eine Scheibe aus einem neuen Thoncylinder eines galvanischen Elementes zeigen sich für atmosphärische Luft, wie Sie sehen, ganz undurchgängig gegenüber dem Rothbuchenholz und dem Klinker. Ein zweiter Apparat gestattet vergleichende Messungen auf diesem Gebiete anzustellen. Ein oder zwei Quecksilbermanometer werden durch Kautschuckröhren mit den offenen Enden eines Poroskopes aus Rothbuchenholz verbunden. Das Poroskop selbst wird mit den Manometern auf einem dazu besonders gefertigten Stative befestigt*) und nunmehr sehen Sie wie die leichten Bewegungen dieser ungenügend schliessenden kleinen Ohrenspritze, ja sogar der leiseste Druck auf den einen Kautschuckschlauch oder der leiseste Hauch oder Zug mit dem Munde, sich sofort von einem Manometer durch das Poroskop auf das andere übertragen. Die andern Substanzen zeigen genau das entsprechende Verhalten, wie im Kapselporoskop: undurchgängig ist das Eichenholz, ist das Elfenbein, ist die Thonscheibe. Um die letzte Spur eines Verdachtes, dass die Erscheinung von Undichtigkeiten der Fassung im Poroskope herrühren könnten, zu beseitigen, füge ich diesen massiven Buchsbaumcylinder nackt, wie er ist, in die Kautschuckschläuche der beiden Manometer und, so dicht auch das Holz gefügt scheint gegenüber dem porösen aber für Luft unter kleinem Druck undurchgängigen Eichenholze, so leicht weht die Luft aus dem einen Mano-

*) Abbildung folgt in E. du Bois-Reymond's Archiv.

meter durch den Buchsbaum in das andere über. Man wird die Kuppen der Manometer neben einander stellen, ihre Bewegungen photographisch auffangen und so die zeitlichen und quantitativen Verhältnisse des Durchganges der verschiedenen Gase durch die verschiedenen Mittel studiren können. Auf die Bedeutung der Erkenntniss, dass so kleine Druckunterschiede unter Umständen so kräftige Ventilation gestatten können, für die Pflanzen- und Thierwelt mache ich noch besonders aufmerksam. Aehnliche Beobachtungen wie die hier Ihnen vorgeführten sind wohl zerstreut von Diesem oder Jenem gemacht, Niemand aber hat meines Wissens bis jetzt eine Vorstellung von der Kleinheit der hier eben noch wirksamen Kräfte gehabt. Noch für Ueberdruck $< 0,5$ mm Hg zeigt sich sofort deutlicher Ausschlag an der Kuppe des jenseits eines Buchsbaumcylinders gelegenen Wassermanometers. So erscheinen uns Allen diese Vorgänge, so leicht sie sich gestalten, so wunderbar und neu.

Herr **Wangerin** hielt einen Vortrag über die Theorie der NEWTON'schen Ringe.

Eine von Herrn SOHNCKE und mir veröffentlichte Arbeit über NEWTON'sche Ringe (WIED. ANN. XII, 1 u. 201) ist von Herrn FEUSSNER einer Kritik unterzogen (Marburg. Ber. 1881, WIED. ANN. XIV, 545), die sich namentlich gegen die von uns aufgestellte Theorie richtet. Diese Theorie soll nach F. auf ganz willkürlichen und falschen Annahmen beruhen.

Gegen diese Angriffe haben Herr SOHNCKE und ich die folgenden Bemerkungen zu machen, die sich zugleich auf die von Herrn FEUSSNER aufgestellte und der unsern entgegengestellte Theorie beziehen (cf. Marburg. Ber. 1880 und WIEDEMANN Bd. XIV).

1) Herrn FEUSSNER gegenüber halten wir daran fest, dass es unnöthig ist, den Durchgang der Strahlen durch eine Linse zu verfolgen. Da durch die Linse, sofern sie ein scharfes Bild des betrachteten Punktes giebt, keine neuen Gangunterschiede eingeführt werden, so hat dieselbe mit der Erscheinung als sol-

cher nichts zu thun; sie bringt nur eine unnöthige Complication in die Rechnung.

2) Die Art und Weise, wie Herr FEUSSNER den Ort bestimmt, auf den das Beobachtungsinstrument einzustellen ist, damit die Interferenzerscheinung möglichst deutlich erscheine, ist nicht streng begründet. In seiner letzten Veröffentlichung (WIED. XIV, 555) erkennt er das selbst an, indem er sagt: „wir müssen uns mit einem allerdings nicht ganz so strengen Verfahren begnügen.“ Dass der Ort der grössten Deutlichkeit durch das Minimum des Ausdrucks $\sqrt{H_2^2 + J_2^2}$ bestimmt wird, wie Herr F. es thut, ist ebenso gut eine Hypothese, wie die unserer Theorie zu Grunde liegende Annahme.

3) Die Anwendung, die Herr F. von seiner Theorie auf die Erscheinung der NEWTON'schen Ringe macht, gilt nur für den ideellen Fall, wo die Dicke der planparallelen Platte, welche auf der Linse aufliegt, gleich Null ist. Nun spielt aber die Dicke dieser Platte für die Lage der Interferenzorte eine wesentliche Rolle. Aus jenem ideellen Falle kann man daher auf die wirkliche Erscheinung keinen strengen Schluss machen. Aus diesem Grunde sind die von F. in Betreff der NEWTON'schen Ringe aufgestellten Formeln unserer Ansicht nach zu verwerfen.

Uebrigens erkennt Herr F. an, dass unsere Theorie in der centralen Einfallsebene zu richtigen Resultaten führt, und dass auch ausserhalb der genannten Ebene die Theorie zur Darstellung der Beobachtungen genügt. Dagegen hält er die für die Lage der Interferenzorte in der centralen Querebene abgeleiteten Resultate für falsch; er setzt jedoch nur auseinander, weshalb seiner Ansicht nach die Versuchsergebnisse nicht mit der Theorie verglichen werden können. Einen wirklichen Beweis für die Unrichtigkeit unserer Endformel bringt er nicht bei.

4) Der einzige Fall, für den Herr F. die Rechnung wirklich durchgeführt hat, ist der, wo die Interferenzerscheinung durch ein von zwei Ebenen begrenztes keilförmiges Glasblättchen erzeugt wird. Für diesen Fall hatten wir in der früheren Arbeit anhangsweise die Theorie gegeben und waren zu Resultaten gelangt, die von denen F.'s abweichen. Das konnte uns nicht veranlassen, unsere Theorie, die sich bei den NEWTON'schen Ringen

bewährt hatte, zu verwerfen, zumal F. nur im Allgemeinen angegeben hatte, seine Resultate stimmten mit den Beobachtungen überein, ohne jedoch dies durch irgend eine Zahl zu belegen. In seiner zweiten Arbeit hat nun F. vier Zahlen angegeben, welche die von ihm theoretisch gefundene Drehung der Interferenzstreifen bei verändertem Azimuth bestätigen sollen. Wir halten diese Zahlen nicht für beweisend. Ist nämlich bei der Bestimmung der Keilkante, die äusserlich durch nichts markirt ist, resp. bei der Bestimmung des von der Lage der Keilkante abhängigen Azimuths 0, ein Fehler von 1° gemacht, so erklärt das die FEUSSNER'schen Beobachtungen eben so gut, wie seine theoretische Formel.

Neuerdings hat einer von uns, SOHNCKE, die F.'sche Formel an zwei Beobachtungsreihen geprüft. Er findet in einem wesentlichen Punkte jene Formel nicht bestätigt. Nach F. soll die Drehung der Streifen von der Entfernung des Beobachtungsinstrumentes von dem Blättchen abhängig sein. Von einem solchen Einfluss der Entfernung auf die Lage der Streifen zeigte sich jedoch keine Spur. Die Beobachtungen wurden an einem von Herrn ZEISS in Jena verfertigten Keil angestellt, dessen Dicke in der Mitte 0,252 mm betrug, während der Keilwinkel = $1' 32''$, der Brechungsexponent = 1,516 war. Die an diesem Keil entstehenden Interferenzstreifen wurden mittelst eines Fernrohrs aus drei verschiedenen Entfernungen, die sich nahezu wie 1 : 2 : 3 verhielten, beobachtet. Die Lage der Streifen, die sich mit dem Azimuthe änderte, wurde dadurch bestimmt, dass ein Faden des drehbaren Fadenkreuzes jedesmal den Streifen parallel gestellt und die Drehung des Fadenkreuzes an einem getheilten Kreise abgelesen wurde. Das Azimuth wurde durch die Drehung des Keils um die Normale seiner Vorderfläche geändert und ebenfalls an einem getheilten Kreise gemessen. Wir theilen in den folgenden Tabellen die wichtigsten Beobachtungen mit und stellen stets neben die beobachteten Zahlen die nach FEUSSNER's Formel berechneten. Die Zahlen geben den Winkel an, den die Streifen bei einem beliebigen Azimuth mit ihrer Lage beim Azimuth 0 bilden. Die letzte Vertikalreihe enthält die Lage der Streifen, die nach unserer Theorie stattfinden müsste, und die unabhängig von der Entfernung ist.

1. Einfallswinkel $64,5^\circ$.

Winkel der Streifen bei der Entfernung E :

Azimuth	$E = 1385 \text{ mm}$		$E = 2875 \text{ mm}$		$E = 4220 \text{ mm}$		berech. nach S. u. W.
	beob.	berech. nach F.	beob.	berech. nach F.	beob.	berech. nach F.	
30°	$13,55^\circ$	$14,7^\circ$	$13,75^\circ$	$14,3^\circ$	$13,8^\circ$	$14,2^\circ$	$13,95^\circ$
60	36,2	39,4	36,1	37,95	37	37,55	36,7
120	141,9	145,7	141,9	144,5	142,8	144,1	143,3

2. Einfallswinkel $42^\circ 31'$.

Winkel der Streifen bei der Entfernung E :

Azimuth	$E = 1367 \text{ mm}$		$E = 2755 \text{ mm}$		$E = 4215 \text{ mm}$		berech. nach S. u. W.
	beob.	berech. nach F.	beob.	berech. nach F.	beob.	berech. nach F.	
30°	$22,75^\circ$	$25,2^\circ$	$23,15^\circ$	$24,1^\circ$	$22,9^\circ$	$23,7^\circ$	$23,05^\circ$
60	51,1	56,8	51,8	54,3	51,8	53,45	51,9
120	126,4	132,4	127,45	130,3	127,35	129,5	128,1
150	157,45	158,8	157,4	157,9	157,6	157,6	156,95

Die beobachteten Zahlen sind die Mittel aus 6, zum Theil aus noch mehr Einzelbeobachtungen. Die grösste Differenz zwischen den Einzelbeobachtungen war bei der kleinsten Entfernung meist viel geringer, als der Unterschied zwischen dem Mittel und der nach F.'s Formel berechneten Zahl (z. B. in Tabelle 1 betrug beim Azimuth 60° die grösste Differenz der Einzelbeobachtungen $1,1^\circ$).

Einen Einfluss der Entfernung, wie ihn F.'s Formel fordert, lassen diese Zahlen in keiner Weise erkennen. Eine wesentliche Folgerung aus F.'s Theorie findet sich damit nicht bestätigt, während die von F. selbst angegebenen Zahlen, die sich nur auf eine Entfernung beziehen, sich, wie oben bemerkt, auch anders erklären lassen. Hiernach ist F.'s Theorie nicht der Art durch die Erfahrung bestätigt, dass aus der Abweichung unserer Formeln von den seinigen ein Grund für die Unhaltbarkeit unserer Theorie hergeleitet werden kann, wie es F. thut, wenn er sagt: „die Unrichtigkeit des WANGERIN'schen Princips lässt sich leicht mit Hülfe meiner Formel nachweisen.“

5) Obwohl uns nach den obigen Auseinandersetzungen die FEUSSNER'schen Einwürfe hinfällig erscheinen, und obwohl die Uebereinstimmung der von uns abgeleiteten theoretischen Resultate mit den Beobachtungen, soweit es die NEWTON'schen Ringe betrifft, auch ein Beweis dafür ist, dass das der Theorie

zu Grunde gelegte Princip eine genügende Annäherung an die Wirklichkeit giebt, haben wir uns doch bemüht, die Theorie so umzugestalten, dass sie auch von der früheren hypothetischen Annahme frei wird. Diese Modification soll jetzt noch kurz dargelegt werden. Es sei P ein Punkt des Raumes, in dem die von einem dünnen Blättchen herrührende Interferenz untersucht werden soll. Ein Beobachtungsinstrument sei so aufgestellt, dass ein scharfes Bild des Punktes P in der Mitte des Gesichtsfeldes erscheint. Die Linien, welche den Punkt P mit allen Punkten der Oeffnung des Instruments verbinden, bilden einen Rotationskegel, dessen Axe zugleich die des Instruments ist. Man denke sich um P mit der Einheit als Radius eine Kugel beschrieben, aus welcher der genannte Kegel eine Kalotte ausschneide, deren Mittelpunkt O sei. Ein beliebiger Punkt Q der Kalotte, und damit ein beliebiger der in das Instrument gelangenden Strahlen, werde durch sphärische Coordinaten φ, ψ bestimmt, deren Pol O sei. Dann ist es leicht, die Richtungscosinus α, β, γ von PQ auszudrücken durch φ, ψ und die Richtungscosinus der Axe PO . Nun gehen von P zwei Schaaren von Strahlen aus; alle Strahlen der einen Schaar sind an der Oberfläche des Blättchens reflectirt, alle der andern Schaar kommen aus dem Innern. Es interferiren je zwei Strahlen, die von demselben Punkte der Lichtquelle ausgegangen sind. Zwei solche geben in P eine Intensität, deren Ausdruck von der Form ist:

$$(1) \quad M^2 + N^2 - 2MN \cos\left(\frac{\delta}{\lambda} 2\pi\right),$$

falls δ die Wegdifferenz der Strahlen in P ist. Einer der betrachteten Strahlen gehe durch Q . Um Q denke man sich ein Element der Kugelfläche. Alle durch das letztere gehenden Strahlen geben (ein jeder mit dem zugehörigen interferirenden zusammen) dieselbe Intensität. Die gesammte von dem Flächenelement herrührende Intensität ist dann proportional 1) dem obigen Ausdruck (1), 2) der Grösse des Elements; diese ist also:

$$(2) \quad m \left\{ M^2 + N^2 - 2MN \cos\left(\frac{\delta}{\lambda} 2\pi\right) \right\} \sin \varphi d\varphi d\psi,$$

wobei m ein constanter Factor. Integriert man den Ausdruck (2), wobei die Integrationsgrenzen durch denjenigen Theil der Kugel-

fläche bestimmt sind, durch den überhaupt Strahlen in das Beobachtungsinstrument gelangen, so erhält man die in P stattfindende Gesamtintensität. Wendet man dies auf die NEWTON'schen Ringe an, und setzt dabei voraus, dass der sphärische Abstand φ eines Punktes Q von O eine kleine Grösse ist, deren Quadrate man vernachlässigen kann, so erhält man zunächst für δ einen Ausdruck von der Form

$$(3) \quad \delta = A + D + B\varphi \cos \psi + C\varphi \sin \psi,$$

worin A der durch die alte angenäherte Theorie gegebene Ausdruck ist, D die Glieder der nächst höheren Ordnung für die Axenstrahlen (Glieder, die in unserer früheren Arbeit entwickelt sind), während B und C mit A von derselben Ordnung sind. Unter den gemachten Voraussetzungen ändern sich M und N so wenig mit φ , dass dieselben als constant anzusehen sind. Die Grenzen der Integration werden, falls der oben genannte Kegel ganz von den wirksamen Strahlen ausgefüllt wird, durch die Begrenzung der Kalotte bestimmt. Ist φ_1 der sphärische Radius der letzteren, so ergiebt die Ausführung der Integration für die Gesamtintensität den Ausdruck:

$$(4) \quad m\pi\varphi_1^2 \left\{ M^2 + N^2 - 2MN \cos(A + D) \cdot \frac{2J_1(\varphi_1 \sqrt{B^2 + C^2})}{\varphi_1 \sqrt{B^2 + C^2}} \right\} \dots$$

Hierin ist J_1 die BESSEL'sche Function mit der Ordnungszahl 1. Für die Interferenzstellen ist der Ausdruck (4) ein Minimum, und damit die Interferenz möglichst deutlich, muss der Intensitätsunterschied zwischen den Maximis und Minimis möglichst gross sein. Das ist der Fall, wenn (bei gegebenem φ_1) $B^2 + C^2$ ein Minimum ist, und dies wiederum ist gleichbedeutend mit $D = 0$. Die letztere Bedingung ist aber dieselbe, auf die das früher von uns zu Grunde gelegte Princip führte. Wie sich die Sache für eine weitere Näherung gestaltet, resp. für den Fall, dass die wirksamen Strahlen nicht den ganzen Kegel ausfüllen, darüber sind unsere Untersuchungen noch nicht abgeschlossen.

Hr. **Hertz** theilt unter Vorführung des Instrumentes Folgendes mit:

Ueber ein neues Hygrometer.

Bei diesem Hygrometer und den nach gleichem Princip construirten wird die Feuchtigkeit gemessen durch das Gewicht, welches ein hygroskopischer, anorganischer Körper, insbesondere eine Lösung von Chlorcalcium an der Luft annimmt. Eine derartige Lösung wird aus der Luft solange Wasser anziehen, resp. Wasser an die Luft abgeben, bis die Concentration eine solche ist, dass der Druck des über ihr gesättigten Wasserdampfes bei Lufttemperatur gleich dem Druck des in der Luft wirklich vorhandenen (ungesättigten) Wasserdampfes ist. Variirt demnach Temperatur und Feuchtigkeit hinreichend langsam, um den Gleichgewichtszustand zu Stande kommen zu lassen, so folgt aus der Temperatur und dem Gewicht der Lösung die absolute Feuchtigkeit. Da aber der Druck des über einer Salzlösung gesättigten Dampfes für die meisten Salze, wie es scheint, jedenfalls für Chlorcalcium (und Schwefelsäure), bei den in Betracht kommenden Temperaturen angenähert ein und derselbe Bruchtheil des Druckes des über Wasser gesättigten Dampfes ist, so folgt mit einer für viele Zwecke hinreichenden Genauigkeit unmittelbar aus dem Gewicht die relative Feuchtigkeit. Auch falls möglichst grosse Genauigkeit angestrebt wird, kann der Einfluss der Temperatur als Correction in Rechnung gebracht werden, so dass dieselbe nur angenähert bekannt zu sein braucht.

Der ausgesprochene Grundgedanke kann nach doppelter Richtung verwerthet werden, jenachdem man ein Instrument verlangt, welches den Aenderungen der Feuchtigkeit schnell folgt, von dem aber grosse Genauigkeit nicht gefordert wird, wie es für Waagezimmer etc. erwünscht ist; oder ein Instrument, welches genau sei, von dem man dann aber nur die mittlere Feuchtigkeit über einen längeren Zeitraum, über Tage, Wochen oder Monate zu wissen wünscht, wie es für meteorologische Zwecke nothwendig ist. Ein Instrument der ersten Art wurde in der Sitzung gezeigt. Die hygroskopische Substanz war ein Stück Seidenpapier von 1 qcm Oberfläche, welches mit Chlorcalciumlösung getränkt war. Dasselbe war an einem ca. 10 cm langen Hebel-

arm (Glasfaden) befestigt, der seinerseits auf einem sehr dünnen horizontal gespannten Silberdraht sass, dergestalt, dass das Ganze eine sehr empfindliche Torsionswaage bildete. Das Hygrometer war mittelst verschiedener Schwefelsäuremischungen nach REGNAULT kalibriert. Im trockenen Raum zeigte der Glasfaden ca. 45° nach oben, in einem Raum von den relativen Feuchtigkeiten 10, 20, 90 pCt. senkte er sich um respective 18, 31, 40, 47, 55, 62, 72, 86, 112 Bogengrade nach unten, in gesättigtem Wasserdampf müsste er natürlich senkrecht nach unten stehen. Ueber den Temperatureinfluss war nur festgestellt, dass derselbe sehr klein war, bei gleicher relativer Feuchtigkeit stand der Zeiger bei 0° etwa 1—2 Bogengrade tiefer als bei 25° . In einen Raum von veränderter Feuchtigkeit gebracht, nahm das Instrument seine neue Ruhelage so schnell ein, dass es nach 10 bis 15 Minuten abgelesen werden konnte. Ein Nachtheil des Instruments besteht darin, dass bei grosser Feuchtigkeit (von 85 pCt. aufwärts) sich sichtbare Tropfen auf dem Papier bilden, die bei unvorsichtiger Behandlung leicht abgewischt oder bei sehr grosser Feuchtigkeit auch abgeschüttelt werden können.

Instrumente der zweiten Art würden einfach in mit Chlorcalciumlösung gefüllten Glasgefässen zu bestehen haben, deren Grösse nach dem Zeitraum zu bemessen wäre, über welchen man die mittlere Feuchtigkeit verlangt und deren Gewicht entweder von Zeit zu Zeit bestimmt wird, oder welche an einer selbstregistrirenden Waage aufgehängt sind.

Von Hr. **Müller-Erbach** (Bremen) war folgende Mittheilung eingesandt:

Die aus der Dichtigkeit der Verbindungen abgeleitete chemische Verwandtschaft des Phosphors zu den Metallen.

Die Verbindungen der Metalle mit Chlor, Brom, Jod und Schwefel zeigen allgemein in Folge ihrer Bildung eine um so stärkere Verdichtung, je stärker ihre chemische Verwandtschaft ist. Nach dem Grundsatz der kleinsten Raumerfüllung*) konnte

*) Ber. d. chem. Ges. XIV, 2212.

ich diese Beziehung zwischen Contraction und Verwandtschaft und damit der Erfahrung entsprechende Abstufungen in der Verwandtschaft weiter nachweisen für die bekannteren Sauerstoffsalze sowie für die Oxyde*) und die Fluorverbindungen der Metalle. Für die Phosphormetalle lassen sich wieder direct die Summen der Volume der Bestandtheile mit dem Volum der Verbindung vergleichen und es sind zur leichteren Uebersicht die Contractions berechnet, d. h. es ist für jeden einzelnen Fall das Verhältniss bestimmt, in welchem die durch die chemische Vereinigung erfolgende Volumverringerng zum Gesamtvolum der Componenten steht. Nach dem von Kopp für gewöhnlichen Phosphor gefundenen Volumgewicht 1,826 ist 17 als Atomvolum des Phosphors in Anrechnung gebracht, und es würde für den zur vorliegenden Frage wesentlichen Theil des Resultats, nämlich die Reihenfolge der Contractions, ohne Einfluss sein, wenn man das etwas kleinere Volum einer der anderen Phosphormodificationen für 17 substituirt. Die Phosphormetalle sind nach abnehmenden Contractions geordnet, nur da, wo zweierlei Verbindungen desselben Metalls vorkommen, folgen diese Verbindungen von der Contraction abgesehen unmittelbar aufeinander.

Verbindung	A Specifisches Gewicht	Beobachter	B Verbindungsgewicht	$C = \frac{B}{A}$ Gefundenes Volum	D Summe der Volume der Bestandtheile	$E = \frac{D-C}{D}$ Contraction
Pd P ₂	8,25	Schrötter	168	20,3	9,2+34 = 43,2	0,53
Pt P ₂	8,77	Schrötter	259	29,5	9,2+34 = 43,2	0,32
Fe ₂ P	6,7	Hatchett	143	21,3	14,4+17 = 31,4	0,32
Fe ₃ P	6,28	Hvoslef	199	31,7	21,6+17 = 38,6	0,18
Sn P	6,56	Schrötter	149	22,7	16,3+17 = 33,3	0,32
Ni ₃ P ₂	5,99	Schrötter	236	39,3	20,4+34 = 54,4	0,28
Cr P	4,68	Martius	83	17,7	7,6+17 = 24,6	0,28
Mo P	6,17	Rautenberg	127	20,5	11,2+17 = 28,2	0,28
Co ₃ P ₂	5,62	Schrötter	239	42,7	21 +34 = 55	0,22
Mn ₅ P ₂	5,95	Merkel u. Wöhler	337	56,2	34,0+34 = 68	0,17
Mn ₃ P	4,94	Schrötter	196	39,7	20,4+17 = 37,4	-0,05
Cu ₃ P	6,75	Schrötter	221,5	32,8	21,6+17 = 38,6	0,15
	6,59	Hvoslef		33,6		0,13
Zn ₃ P ₂	4,76	Schrötter	257	54	28,2+34 = 62,2	0,13
	4,21	Renault		61,2		0,02
Ag ₂ P ₃	4,63	Schrötter	309	66,8	20,8+51 = 71,8	0,07
Au ₂ P ₃	6,67	Schrötter	485	72,7	60,8+51 = 71,8	-0,01

Die Tabelle enthält sämmtliche Phosphormetalle, deren speci-

*) Liebig's Ann. CCX, 196.

gegenwärtig vorliegenden Thatsachen ist es von besonderer Wichtigkeit zu Gunsten der Contractionstheorie hervorzuheben, dass die 4 edlen Metalle Pd, Pt, Ag und Au, welche zu den meisten Metalloiden in ihrer Affinität einander ganz nahestehend sich erweisen, nach den Bestimmungen SCHRÖTTER'S zur Hälfte an die Spitze und zur Hälfte ganz an das Ende der oben genannten Reihe von Phosphormetallen gesetzt werden müssen, und dass diese abweichende Verwandtschaft zum Phosphor auch in den Contractionen der 4 Metalle deutlich hervortritt.

Eine Abweichung in der Reihenfolge der Contractionen und derjenigen der beobachteten chemischen Verwandtschaft gleich constituirter Phosphormetalle kommt bei den 15 angeführten Beispielen nicht vor. Mit den Phosphormetallen ist nun für 10 der bekanntesten Klassen von festen Verbindungen zwischen Metallen und Nichtmetallen die Abhängigkeit der Contraction von der chemischen Verwandtschaft nachgewiesen, doch scheint es mir besondere Beachtung zu verdienen, dass bei den verschiedenen Klassen von Verbindungen jene Beziehung mit ungleicher Deutlichkeit hervortritt. Die Chlor-, Brom-, Jod-, Fluor- und ein Theil der Sauerstoffmetalle sowie die schwefelsauren, salpetersauren und kohlen-sauren Salze zeigten für abnehmende Verwandtschaft fast ohne Ausnahme eine unzweifelhafte Abnahme in der Contraction, während für die Oxyde der schweren Metalle, für die Schwefel- und Phosphormetalle eine grössere Zahl von Fällen unentschieden blieb. Ich vermuthe, dass die Ursache davon in der Verschiedenheit der bei den zuletzt genannten Verbindungsgruppen häufigeren sogenannten allotropischen Modifikationen beruht, weil in denselben das specifische Gewicht und die chemische Zersetzbarkeit vielfach bedeutende Abweichungen zu erkennen geben, doch muss die Begründung meiner Vermuthung einer speciellen Untersuchung vorbehalten bleiben.

Hr. **A. König** machte unter Vorführung des im Nachstehenden beschriebenen Instrumentes folgende Mittheilung:

Ueber das Leukoskop.

Da ich seit einiger Zeit einen von Herrn Geh. Rath HELMHOLTZ vor mehreren Jahren construirten und Leukoskop genannten Apparat zur Untersuchung der Emissionsverhältnisse verschiedener Lichtquellen benutzt habe, so erlaube ich mir im Folgenden mit Zustimmung des Hrn. HELMHOLTZ eine Beschreibung jenes Apparates zu geben. Es ist dieses dadurch sowohl veranlasst wie gerechtfertigt, dass, ausser in einer wenig verbreiteten Promotionsschrift*), niemals die Construction des erwähnten Instrumentes dargelegt worden ist, obschon dasselbe zu einer Vergleichung der Intensitäten der verschiedenen von mehreren Lichtquellen ausgesendeten, hinsichtlich ihrer Wellenlänge verschiedenen Lichtgattungen benutzt werden kann und auch seine Verwendbarkeit bei physiologisch-optischen Untersuchungen, insbesondere bei der genaueren Erforschung des Farbenperceptionsvermögens Farbenblinder, keinem Zweifel unterliegt.

Der Apparat besteht aus einem Fernrohre, zwischen dessen Ocular und Objectiv Kalkspathrhomboeder, Quarzplatten und NICOL'sche Prismen in folgender Reihenfolge eingeschaltet sind. Die von einem unendlich entfernten Object ausgehenden (oder bei einem näher liegenden Objecte durch eine Linse parallel gemachten) Strahlen, werden, nachdem sie das Objectiv passirt haben, von einem Kalkspathrhomboeder in zwei senkrecht zueinander polarisirte Strahlenbündel zerlegt. Durch eine unmittelbar hinter dem Kalkspathrhomboeder befindliche, d. h. dem Ocular näher liegende, rechteckige Oeffnung werden Strahlen beiderlei Polarisationsrichtung durchgelassen, welche aber von verschiedenen Theilen des leuchtenden Objectes herrühren. Ein zweites ebenso grosses Kalkspathrhomboeder, welches sich an der anderen Seite des Spaltes befindet und eine solche Lage hat, dass sein

*) Diro Kitao: Zur Farbenlehre, Inaug.-Dissert. Göttingen 1878.

Hauptschnitt mit dem des ersteren parallel, dass aber bei ihm der ausserordentliche Strahl nach der anderen Seite hin von dem ordentlichen Strahle abgelenkt wird, bewirkt nun, dass die durch die rechteckige Oeffnung gegangenen Strahlen in zwei Bündel zerlegt werden, welche senkrecht zu einander polarisirt sind. Diese Anordnung der beiden Kalkspathrhomboeder und der rechteckigen Oeffnung bewirkt nun, dass man bei geeigneter Grösse der letzteren durch das Ocular zwei unmittelbar aneinander grenzende Bilder dieser Oeffnung erblickt, zugleich aber in ihnen in derselben Ebene liegend, ein durch beide continuirlich hindurchgehendes, d. h. nicht doppelt erscheinendes Bild des Objectes. Die beiden Strahlenbündel gehen dann, nachdem sie nochmals eine Linse passirt haben, durch eine Anzahl von Quarzplatten, deren gemeinsame Dicke durch Ein- oder Ausschalten der einen oder der anderen von ihnen und vermittelt einer Vorrichtung zum Verschieben keilförmiger Quarze (ähnlich wie sie sich am SOLEIL'schen Saccharimeter befindet) in beliebiger Weise vergrössert oder verringert werden kann. Zwischen diesen Quarzplatten und dem Ocular befindet sich ein drehbares NICOL'sches Prisma, dessen Stellung durch einen Index an einer Kreistheilung abgelesen werden kann.

Entfernen wir nun zunächst das Ocular und machen die Voraussetzung, dass unser leuchtendes Object weisses, aus allen Strahlengattungen bestehendes Licht aussendet, so wird bekanntlich eine spektroskopische Zerlegung der beiden Strahlenbündel uns zeigen, dass ihr Spektrum von schwarzen Streifen durchzogen ist, und zwar werden diese bei dem einen Bündel da liegen, wo bei dem anderen die Intensität nicht geschwächt ist und umgekehrt, so dass also, wenn wir uns beide Spektren aufeinandergelegt denken, ein völlig continuirliches Spektrum entstehen würde. Die Zahl dieser Streifen wächst mit der Dicke der Quarzplatten und die Streifen selbst werden durch eine Drehung des Nicols verschoben. Es ist nun die Aufgabe des Beobachters, eine solche Quarzdicke einzuschalten und dem Nicol eine solche Drehung zu geben, dass in jedem der beiden streifigen Spektren die nicht ausgelöschten Farben zusammen Weiss erzeugen. Dieses ist der Fall, wenn in dem einen Spektrum nur noch Gelb und

Blau vorhanden; in dem anderen werden dann noch Roth, Grün und Violet sichtbar sein. Mit Zugrundelegung der von BROCH*) und STEFAN**) über die Drehung der Polarisationssebene des Lichtes in Quarz vorgenommenen Untersuchungen lässt sich berechnen, dass eine Quarzdicke von 12,5—13 mm die erwähnte Art der Auslöschung bewirkt, was auch durch die Beobachtung mit dem Leukoskop bestätigt wird.

Denken wir uns nun wieder das Ocular vorgeschoben, so ist ersichtlich, dass bei deutlich sichtbarer rechtwinkliger Oeffnung, die letztere doppelt und zwar in weissem Lichte erscheinen muss. Eine genaue Vergleichung zeigt jedoch, dass eine völlige Farbengleichheit, d. h. ein reines Weiss nicht herzustellen ist. Eine Erklärung für diese Thatsache ergibt sich daraus, dass die Stellen in dem Spektrum, welche complementären Farben entsprechen, nicht ganz genau eine solche Lage haben, dass es möglich ist überall die erwähnten dunklen Streifen mit ihnen zusammenfallen zu lassen. Leicht und scharf ist jedoch eine solche Einstellung zu finden, dass in keinem der beiden von der rechtwinkligen Oeffnung erzeugten Bilder das Roth mehr vorherrscht als in dem anderen. Eine solche Einstellung ist im Folgenden unter der „Herstellung der Farbengleichheit“ zu verstehen. Da häufig das eine dieser beiden Bilder viel heller als das andere erscheint und eine Constirung der Farbengleichheit dadurch erschwert wird, so ist zwischen dem Objectiv und dem ersten der beiden Kalkspathrhomboeder noch ein zweites (oben nicht erwähntes) NICOL'sches Prisma eingeschaltet, durch dessen Drehung man, da in Folge seiner Anwesenheit nur polarisirtes Licht zu dem ersten Kalkspathrhomboeder gelangt, die Intensität des in diesem erzeugten ordinären Strahles zu derjenigen des extraordinären in ein beliebiges Verhältniss bringen und dadurch auch die gleiche Helligkeit der beiden durch das Ocular gesehenen Bilder der rechtwinkligen Oeffnung erzielen kann. Die Stellung dieses NICOL'schen Prismas ist ebenfalls an einer Kreisseibe abzulesen.

Ueber die Ergebnisse meiner bisherigen Beobachtung mit

*) Dove's Repertorium. Bd. VII.

**) Sitzungsberichte der Wiener Akademie. Bd. L.

dem Leukoskop und die Folgerungen aus seiner Theorie, soweit sich diese bis jetzt entwickeln lässt, gebe ich nur noch folgende kurze Notizen:

1) Aendert sich die Lichtemission des betrachteten Objectes in der Weise, dass eine der Strahlengattungen eine zu den übrigen relativ grössere Intensität erhält, so ist, wie leicht ersichtlich, die Farbengleichheit zerstört, da die betreffende Strahlengattung nur in einem derselben vorhanden. Eine Aenderung der Quarzdicke oder eine Drehung des Ocular-Nicol oder beides zusammen ist aber, soweit meine bisherigen Beobachtungen reichen, immer im Stande, das gestörte Gleichgewicht wieder herzustellen. Daraus geht hervor, dass jedes Emissionsverhältniss eine bestimmte Art der Einstellung des Leukoskopes erfordert und durch letztere eindeutig bestimmt ist.

2) Nehmen wir an, das Leukoskop sei von einem Beobachter bei Anwendung einer bestimmten Lichtquelle, von der wir nur die Voraussetzung machen wollen, dass sie Licht von jeder Wellenlänge aussende, auf Gleichheit der beiden Bilder eingestellt. Nun blicke ein anderer Beobachter hindurch, dessen Farbensinn so beschaffen, dass er an dem rothen und dem violetten Ende des Spektrums da noch Lichtempfindung habe, wo dem ersten Beobachter bereits diese Fähigkeit abgeht, dass aber abgesehen von den Enden die drei Curven, welche die Empfindlichkeit der Sehnervenfasern für die drei Grundfarben in der bekannten Weise graphisch darstellen, einen von dem normalen nicht abweichenden Verlauf nehmen, so wird für den zweiten Beobachter eine andere Einstellung des Leukoskopes erforderlich aber wahrscheinlich immer herstellbar sein. Eine derartige Verschiedenheit findet sich auch wohl zwischen dem rechten und linken Auge desselben Beobachters, so erfordert z. B. mein rechtes Auge, nachdem das Leukoskop für das linke eingestellt, eine Drehung des Nicols von $\frac{1}{3}$ bis $\frac{1}{2}$ Grad im Sinne des Uhrzeigers. Da bei Herrn KITAO ebenfalls ein solcher Unterschied der beiden Augen vorhanden war, so ist es möglich, dass derartige Anomalien vielfach verbreitet sind.

3) Ist für zwei Beobachter (oder auch für die beiden Augen desselben Beobachters) eine solche Verschiedenheit hinsichtlich

der Farbenperception vorhanden, dass bei jenen erwähnten Empfindlichkeitscurven nur die Ordinaten mit einem Factor zu multipliciren sind (der aber für jede der drei Curven verschieden sein kann) um die Curven des Einen in die Curven des Anderen zu verwandeln, so wird nach der Theorie für beide Beobachter dieselbe Einstellung genügen.

4) Nimmt eine oder mehrere der drei Curven bei einem Individuum einen ganz von der normalen Form abweichenden Verlauf, so ergiebt die Theorie dass im allgemeinen bei ihm die Herstellung der Farbengleichheit fraglich ist.

Hr. **Helmholtz** bemerkte zu diesem Vortrage, dass er bei der Construction des Instrumentes darauf gerechnet hätte vollkommene Uebereinstimmung der beiden weissen Mischungen erzielen zu können. Es seien dazu drei Gleichungen zu erfüllen, da die Summe der Rothempfindung R_1 von einem Strahlenbündel, gleich der vom anderen R_2 sein müsse, ebenso auch die der Grünempfindung G_1 und G_2 , wie die der Violetempfindung V_1 und V_2 . Man könne die drei Gleichungen auch schreiben

$$R_1 + G_1 + V_1 = R_2 + G_2 + V_2$$

$$G_1 = G_2$$

$$V_1 = V_2.$$

Die erste Gleichung sei jedenfalls zu erfüllen mit Hülfe des vor den Kalkspathen stehenden Nicol. Dann blieben zwei Variable übrig, über deren Werth beliebig verfügt werden könne, nämlich die Dicke der Quarzplatten und die Stellung des Ocular-Nicol, wodurch die Lage zweier Minima der Lichtstärke im Spectrum beliebig bestimmt werden könne. Mit Hülfe dieser beiden von einander unabhängigen Grössen habe er gehofft die zwei anderen Gleichungen erfüllen zu können. Der Versuch zeige, dass dies nicht in ganz vollkommener Weise möglich sei, obgleich die zurückbleibende Unähnlichkeit sehr unbedeutend und für die sichere Einstellung des Instrumentes kaum störend sei. Es ergebe sich also, dass die Quarzdicke und die Stellung des Ocularnicols nicht als unabhängige Variable in die nach Aus-

gleichung der Helligkeit übrigbleibenden Gleichungen eintreten, die man schreiben kann

$$1 = \frac{G_1 R_2}{G_2 R_1} = \frac{V_1 R_2}{V_2 R_1}.$$

Die beiden hier stehen bleibenden Functionen müssten vielmehr von ein und derselben Function der beiden Variablen abhängen, und darin sei ein Gesetz der Farbenempfindung ausgesprochen, was aber aus den sehr complicirten theoretischen Werthen der sechs Functionen R , G , V noch nicht herauszulesen sei.

Uebrigens hat Herr KITAO noch eine Reihe von Messungen angestellt, welche wenigstens die Art der functionellen Verbindung zwischen den zwei Variablen hätte erkennen lassen müssen. Diese sind aber bisher noch unveröffentlicht geblieben.

Hr. **Hagen** erläuterte darauf eine von Herrn Mechaniker Stöckrath construirte und in dem Sitzungsraume aufgestellte Compressionspumpe zur Verdichtung von Gasen.

No. 3.

Sitzung vom 17. Februar

1882.

Ausgegeben am 1. März.

Vorsitzender: Hr. HELMHOLTZ.

Hr. **Biermann** trug über Meeresströmungen vor.

Hr. **Christiani** zeigte eine von Hrn. Mechaniker Dörffel construirte Glühlichtlampe mit Platinspirale.

Hr. **A. König** machte folgende Mittheilung über galvanometrische Messungen, welche von ihm in dem physikalischen Kabinet der landwirthschaftlichen Hochschule ausgeführt worden sind:

Ueber die elektromotorische Kraft der GROVE-LANDOLT- und BUNSEN-LANDOLT-Elemente.

Bei Gelegenheit einer Mittheilung über eine neue Methode zur Darstellung von Sauerstoff für Laboratoriumszwecke machte

Hr. Geh. Rath LANDOLT in der Sitzung unserer Gesellschaft vom 2. December 1881 den Vorschlag, in den GROVE'schen und BUNSEN'schen Elementen die Salpetersäure durch eine Lösung von Wasserstoffsperoxyd in Wasser, wie sie seit einiger Zeit technisch dargestellt wird und in den Handel gelangt, zu ersetzen. Es kommt durch eine solche Aenderung in der Zusammensetzung die ätzende Wirkung, welche diese Elemente sowohl auf die Respirationsorgane des Beobachters wie auch auf die Metalltheile der Apparate ausüben, in Wegfall kommen.

Die elektromotorische Kraft derartig veränderter Elemente, welche ich im Folgenden als GROVE-LANDOLT'sche und BUNSEN-LANDOLT'sche Elemente bezeichnen werde, habe ich nun einer Prüfung unterzogen und nachstehende Resultate erhalten. Es sei bemerkt, dass die benutzte Lösung von Wasserstoffsperoxyd nach einer Analyse, welche Hr. Geh. Rath LANDOLT ausführen zu lassen die Güte hatte, 2.25 pCt. Wasserstoffsperoxyd enthielt.

Die Messung der elektromotorischen Kraft wurde mit der von Hrn. Geh. Rath E. DU BOIS-REYMOND vorgeschlagenen*) und nach ihm benannten Compensationsmethode vorgenommen. Als Maasseinheit diente ein DANIELL'sches Element, in welchem das Zink in concentrirte Zinksulfatlösung tauchte; und eben solche Elemente wurden auch zur Compensation benutzt. Ein Grove (Salpetersäure vom spec. Gewicht 1.33 und verdünnte Schwefelsäure mit 10 pCt. Gehalt an H_2SO_4) ergaben unmittelbar nach dem Zusammensetzen eine elektromotorische Kraft von 1.74 Dan.; nachdem das Element 20 Minuten lang ungeschlossen gestanden hatte, war dieselbe auf 1.72 Dan. und später nach 50 Minuten langem Schlusse der Säule ohne weiteren Widerstand in sich selbst auf 1.65 Dan. gesunken. Unter gleichen Umständen ergab ein Grove-Landolt die Werthe 1.43 Dan., 1.38 Dan., 1.21 Dan.; die Lösung von Wasserstoffsperoxyd zeigte nachher noch einen Gehalt von 2.16 pCt. H_2O_2 . Wurde die Wasserstoffsperoxydlösung mit $\frac{1}{10}$ ihres Volumens H_2SO_4 gemischt, so verminderte sich die anfängliche elektromotorische Kraft auf 1.33 Dan., während sie bei der Ersetzung der verdünnten Schwefelsäure, in welche

*) Abhandlungen der Berliner Akademie der Wissenschaften. 1862.

das Zink eintaucht, durch concentrirte Chlornatriumlösung auf 1.53 Dan. stieg. Ein BUNSEN'sches Element, bei dem Flüssigkeiten von gleicher Zusammensetzung wie bei dem GROVE'schen Elemente benutzt wurden, hatte unter denselben Umständen die elektromotorischen Kräfte 1.67 Dan., 1.64 Dan., 1.50 Dan. und, nachdem es dann noch 24 Stunden lang ungeschlossen gestanden, noch 1.43 Dan.

Ein Bunsen-Landolt lieferte bei gleicher Behandlung die Werthe 1.41 Dan., 1.40 Dan., 0.98 Dan. und 1.32 Dan. Nachher betrug der Gehalt der Lösung an Wasserstoffsperoxyd nur noch 1.26 pCt. Die grosse Verminderung der elektromotorischen Kraft nach dem 50 Minuten langen Schluss des Elementes ist hier um so bemerkenswerther, als sie bei dem GROVE-LANDOLT'schen Elemente bei weitem nicht in gleicher Stärke auftrat. Dieselbe bedeutende Verminderung der elektromotorischen Kraft nach langem Schluss zeigte sich aber auch bei einem BUNSEN-LANDOLT'schen Elemente, in dem die Wasserstoffsperoxydlösung mit $\frac{1}{10}$ ihres Volumens Schwefelsäure gemischt war. Unmittelbar nach dem Zusammensetzen war ein solches Element etwas schwächer als dasjenige, bei dem eine Ansäuerung der Wasserstoffsperoxydlösung nicht stattgefunden hatte. Auffallend war bei dieser Art der Zusammensetzung, dass die Lösung, nachdem das Element 24 Stunden lang ohne Schliessung gestanden hatte, nur noch einen Gehalt von 0.70 pCt. H_2O_2 zeigte.

Ueber die Widerstandsverhältnisse bemerke ich noch, dass die LANDOLT'schen Elemente ohne Ansäuerung den 4 bis 5 fachen Widerstand zeigten wie GROVE'sche und BUNSEN'sche Elemente von gleicher äusserer Form. Durch Ansäuerung ist es zwar leicht, diesen Widerstand beträchtlich zu vermindern, aber dann tritt, wie oben erwähnt, der Uebelstand ein, dass die theure Wasserstoffsperoxydlösung (4 M. pro Klo.) viel schneller ihren ohnehin sehr geringen Gehalt an H_2O_2 verliert.

So lange demnach die in den Handel kommende Lösung von Wasserstoffsperoxyd nicht beträchtlich gehaltreicher und billiger wird, dürfte der Vorschlag des Hrn. Geh. Rath LANDOLT, nicht zur praktischen Ausführung zu empfehlen sein.

Hr. **H. Kayser** trug Folgendes vor:
„Ueber Verdichtung der Gase an Körpern mit grosser Oberfläche“.

Meine letzten Untersuchungen über die Verdichtung der Gase an Oberflächen*) hatten das Resultat ergeben, dass die verdichteten Gasmengen nicht nur von der Grösse der Oberfläche, sondern sehr wesentlich auch von den Zwischenräumen zwischen den benutzten Glasfäden und Pulver abhängt. Da ich somit auf absolute Zahlenbestimmungen verzichten musste, habe ich in anderer Richtung die Versuche fortgesetzt, indem ich Oberflächen aus anderem Material verwandte. Ich habe wieder einen Apparat mit Glashähnen benutzt, bei welchem die Messung des eingelassenen Gasvolumens sehr genau ausgeführt werden konnte, und bei welchem der Theil des Gases, dessen Temperatur unbekannt bleibt, möglichst klein ist. — Ich habe diesmal die Verdichtung der Gase in der Art untersucht, dass ich in einen luftleeren Raum von bekannter Grösse bekannte Gasmassen einliess, und den dadurch in dem Raume entstehenden Druck bestimmte. Der Raum des Absorptionsgefässes war entweder leer, oder mit grobem Glaspulver, Spänen von Messing oder Schmiedeeisen angefüllt. Ich habe mit CO_2 , SO_2 und NH_3 experimentirt. Ganz besondere Sorgfalt wurde auf völlige Trockenheit der Gase und Freiheit von Luft verwandt. Die zusammengehörenden Werthe von Druck und eingelassenem Gas wurden zur Construction von Curven verwandt, welche bei Gültigkeit des MARIOTTE'schen Gesetzes grade Linien sein sollten, davon aber mehr oder weniger abwichen. Aus den Curven lassen sich Tabellen ableiten, welche angeben, welcher Druck durch Einlassen von 20, 40, 60 cc u. s. w. in einem Gefässe erzeugt wird, dessen freier Raum 100 cc beträgt, wenn dieser freie Raum in Verbindung mit einer sehr kleinen Glasfläche ist, oder mit einer sehr grossen Fläche von Glas, Messing oder Eisen.

Solche Tabellen sind die folgenden:

*) Vergl. H. Kayser, Wied. Ann. XIV, 450 u. XII, 526. 1881.

Kohlensäure.

Eingel. Vol.	Druck in mm Hg			
	leeres Gefäß	Glaspulver	Messing	Eisen
20 cc	152,0	—	153,0	153,5
40	310,0	302,5	304,5	306,5
60	460,0	452,8	455,5	457,0
80	607,0	603,5	605,6	607,0
100	758,5	753,4	756,0	757,5
120	908,0	903,4	904,0	910,5
140	1056,0	1054,5	1054,5	1059,0
160	1207,0	1204,0	1204,0	1208,0
180	1356,0	1352,0	1352,0	
200		1501,0		

Schweflige Säure.

Eingel. Vol.	Druck in mm Hg			
	leeres Gefäß	Glaspulver	Messing	Eisen
20 cc	154,5	—	153,0	153,5
40	310,0	276,0	304,5	306,5
60	462,0	427,0	455,5	457,0
80	612,0	578,0	604,0	607,5
100	761,0	722,0	749,2	750,5
120	911,0	863,0	896,0	894,5
140	1057,0	999,0	1039,0	1036,0
145	1093,5	1016,0	1075,0	1072,0
150	1130,0	1062,0	1108,0	1105,0
155	1166,5	1191,0	1138,0	1135,0
160	1168,0	1116,0	1164,0	1151,7
165	1168,0	1134,0	1168,0	1162,0
200	1168,0	1167,0	1168,0	1168,0

Ammoniak.

Eingel. Vol.	Druck in mm Hg			
	leeres Gefäß	Glaspulver	Messing	Eisen
20 cc	152,0	—	146,5	146,5
40	310,0	288,0	295,0	295,0
60	460,0	436,8	444,0	444,0
80	607,0	587,0	590,5	592,0
100	757,0	735,6	740,0	746,6
120	906,0	883,4	888,5	899,0
140	1052,0	1029,5	1032,5	1044,5
160	1199,0	1177,6	1181,0	1189,6
180	1345,0	1323,0		
200		1468,4		

Diese Tabellen zeigen, dass im Allgemeinen SO_2 am wenigsten verdichtet wird, — bis der Verflüssigungspunkt heranrückt; dann folgt CO_2 , dann NH_3 . Was die Oberflächen betrifft, so wird im leeren Gefäss am wenigsten verdichtet, dann folgt Eisen, Messing, zuletzt Glaspulver. Es zeigt sich indessen der Einfluss der verschiedenen Oberflächen und Gase; so ist sehr auffallend die ungeweine Verdichtung der SO_2 an Glas.

Interessant ist die Wirkung auf SO_2 ; die Verdichtung an den Wänden strebt die Unstetigkeit, welche die Curve für den Druck der Sättigung hat, indem sie dort senkrecht aufsteigt, (falls man die Drucke als Abscissen nimmt), zu beseitigen, aber in verschiedenem Maasse, je nach der Oberfläche.

No. 4.

Sitzung vom 3. März

1882.

Ausgegeben am 16. März.

Vorsitzender: Hr. HELMHOLTZ.

Hr. **Kalischer** trug unter Vorzeigung der im Folgenden erwähnten Metalle vor:

Ueber die Molekularstruktur der Metalle.

Im Anschluss an meine Arbeit über den Einfluss der Wärme auf die Molekularstruktur des Zinks*), über welche ich der physikalischen Gesellschaft in der Sitzung vom 2. December vorigen Jahres berichtete, und in welcher ich zeigte, dass das gewalzte Zink und der Zinkdraht, an und für sich unkrystallinisch, durch Erwärmen über 150° krystallinisch werden, und dass sich die krystallinische Struktur desselben durch Anätzen, am besten mit Kupfervitriol leicht nachweisen lässt, habe ich ausgedehnte Untersuchungen über die Molekularstruktur einer grossen Anzahl von Metallen angestellt, welche im Folgenden mitgetheilt werden sollen.

Die von mir in der angeführten Abhandlung geäusserte Vermuthung, dass das Cadmium sich wie in vielen anderen so auch in dieser Beziehung dem Zink ähnlich verhalten dürfte, trifft insofern nicht zu, als ersteres durch das Walzen seine krystalli-

*) Ber. d. deutschen chem. Gesellschaft XIV, 2747.

Verhandl. d. physikal. Ges. in Berlin.

nische Struktur nicht völlig verliert. Cadmiumblech von 0,19 mm Dicke ist noch krystallinisch, und es ist wahrscheinlich, dass selbst noch dünner gewalztes Cadmium seine krystallinische Struktur beibehält, da dieselbe durch Aushämmern des Bleches von eben genannter zu 0,08 mm Dicke nicht völlig vernichtet wird. Wie beim Zink kann auch hier die krystallinische Struktur, welche durch Erwärmen des Cadmiums auf 200° — 250° deutlicher und schöner wird, durch Aetzen mit Kupfervitriollösung leicht und rasch sichtbar gemacht werden.

Die krystallinische Struktur des gewalzten Zinns lässt sich ebenfalls durch Aetzen mit Kupfervitriollösung oder Säuren nachweisen. Wird dasselbe auf etwa 200° erwärmt, so unterscheidet sich die Krystallisation erheblich von derjenigen des vorher nicht erwärmten Zinns, indem erstere das Ansehen gewinnt, welches man als *moiré métallique* bezeichnet hat.

Am Eisenblech und Kupferblech gelang mir der unzweifelhafte Nachweis ihrer krystallinischen Struktur, als ich dieselben zu positiven Elektroden eines galvanischen Stromes in geeigneten Salzlösungen machte. Als solche wandte ich für das Eisen Eisenvitriol und Kaliumsulfat an, welche ein gutes Resultat gaben. Dabei ist kein Unterschied wahrzunehmen, ob das Eisen vorher ausgeglüht wird oder nicht. Auch concentrirte Salzsäure ist wohl geeignet, die krystallinische Struktur des Eisenblechs nachzuweisen. Dagegen zeigt Stahl keine Spur einer solchen.

Die krystallinische Struktur des gewalzten Kupfers lässt sich am schnellsten nachweisen, wenn es als positive Elektrode in Kupfernitrat dient, gleichviel ob es vorher geglüht wird oder nicht. Ohne Anwendung des Stromes gelingt der Nachweis sehr leicht, wenn das Kupfer in eine mässig concentrirte Lösung von Eisenchlorid getaucht wird. Kupferblech von 0,3 mm Dicke, das dünnste, welches ich ausser dem alsbald zu nennenden zu untersuchen Gelegenheit hatte, zeigt noch völlig deutlich krystallinische Struktur, aber das sogenannte Schablonenkupfer, welches eine Dicke von nur 0,08 mm hat, nicht mehr. Wird dieses jedoch zur Rothgluth erhitzt, so nimmt es den krystallinischen Zustand an.

Wie das Kupfer zeigen auch viele seiner Legirungen mit Zink und Zinn krystallinische Struktur. Dieselbe lässt sich beim gewalzten Messing sehr leicht unter Anwendung eines galvanischen Stromes nachweisen, wenn dasselbe die positive Elektrode ein Kupfervitriol oder Kupfernitrat oder irgend einem andern schwefelsauren oder salpetersauren Salze bildet. Dasselbe leistet ohne Strom Eisenchlorid oder in etwas längerer Dauer freie Säure.

Indessen besitzen nicht alle Kupfer-Zinklegirungen krystallinische Struktur, welche vielmehr von der Zusammensetzung abzuhängen scheint. Unter den verschiedenen von mir untersuchten Messingsorten war mir von vieren die Zusammensetzung durch die Liberalität der Bezugsquelle bekannt. Dieselbe ist wie folgt:

pCt.	I	II	III	IV
Cu	66	62,5	60	56,8
Zn	34	37,5	40	43,2

Bleche von I und II sind krystallinisch, Bleche von III scheinen unter dem Mikroskop Spuren einer krystallinischen Struktur zu zeigen. Ich muss jedoch bemerken, dass die Unterscheidung unter dem Mikroskop, selbst in den Fällen, wo die krystallinische Struktur mit blossem Auge unzweifelhaft erkennbar ist, ausserordentlich schwierig ist. IV ist nicht krystallinisch und wird es auch durch Glühen nicht.

Alle Tombackbleche, die ich untersucht habe, erwiesen sich als krystallinisch. Von dreien war mir die Zusammensetzung bekannt, zwei davon enthielten circa 0,3 pCt. Sn.

Dagegen vermochte ich an zwei Legirungen, die neben Kupfer und Zink erheblichere Mengen Zinn enthalten als die zuletzt genannten nämlich 5 resp. 2,95 pCt. und welche bekanntlich, wie die reinen Kupfer-Zinn-Legirungen, in der Technik als Bronze bezeichnet werden, durch die gleiche Behandlung wie bei den vorerwähnten Metallen eine krystallinische Struktur im gewalzten Zustande nicht nachzuweisen.

Gewalztes Blei ist krystallinisch, wie sich durch Anätzen mit verdünnter Salpetersäure leicht erkennen lässt.

Gewalztes Silber (fein) in Streifen von 0,5 mm und 0,3 mm Dicke ist nicht krystallinisch, aber wohl, wenn es zur Rothgluth

erhitzt wird. Die Krystallisation, welche durch Anätzen mit Salpetersäure auftritt, hat ein geblümtes Aussehen.

Auch gewalztes Gold (fein) von 0,25 mm Dicke ist an und für sich nicht krystallinisch, wird es aber zur Rothgluth erhitzt, so geht es in den krystallinischen Zustand über, welcher durch Anätzen mit gelinde erwärmtem Königswasser sichtbar gemacht werden kann. Selbst Goldfolie von nur 0,03 mm Dicke wird unter dem Einfluss der Wärme krystallinisch.

Die krystallinische Struktur des Platinblechs lässt sich innerhalb weniger Minuten ebenfalls durch erwärmtes Königswasser nachweisen*). Selbst Platinfolie von 0,025 mm Dicke, die dünnste, welche ich untersucht habe, besitzt krystallinische Struktur; das Aussehen der angeätzten Oberfläche der letztern ist moiréartig.

Neusilber zeigt an und für sich kaum Spuren einer krystallinischen Struktur, dieselbe ist aber unverkennbar, wenn es stark geglüht wird.

Als unkrystallinisch erwies sich Nickel, welches ich in Streifen von 1 mm Dicke untersuchte; Aluminium in Platten von 3,1 mm Dicke und dünneren Blechen; Magnesium, welches ich jedoch nur in Band von 0,10 mm Dicke zu untersuchen in der Lage war. Cobalt ist zu spröde, um sich walzen zu lassen, aber ich will vorwegnehmen, dass es auch in Barren unkrystallinisch ist.

Die von mir nicht erwähnten Metalle habe ich bisher zu untersuchen keine Gelegenheit gehabt.

Es ist bisher stillschweigend vorausgesetzt worden, dass die Metalle, welche in gewalztem Zustande krystallinisch sind oder es unter dem Einfluss der Wärme werden, es auch in gegossenem Zustande sind, oder mit anderen Worten, dass das Material, aus welchem die Metallbleche hergestellt werden, selbst eine krystallinische Structur besitzt. So unwahrscheinlich auch die entgegengesetzte Annahme ist, so wäre es doch denkbar, dass

*) Hierüber liegt eine ältere Beobachtung von Phipson und Noble Jahresber. über d. Fortschr. d. Chemie 1862, 229. Chemical News V, 144 und 168 vor.

die Metalle durch die mechanische Einwirkung des Walzens erst krystallinisch werden. Denn es wird beispielsweise allgemein angenommen, dass das geschmiedete Eisen durch andauernde mechanische Erschütterung krystallinisch wird. Indessen sprechen gegen eine solche Annahme von vornherein mehrere der hier mitgetheilten Thatsachen, wie leicht zu ersehen ist. Um jedoch die hier aufgeworfene Frage auf directem Wege zu entscheiden, habe ich von einigen Metallen Gussstücke in derselben Weise wie die aus diesem Material hergestellten Bleche untersucht. Ich habe mir von einem kleinen Kupferblock, wie er im Handel vorkommt, dünne Platten gesägt, um sie als positive Etektroden in Kupfervitriol oder Kupfernitrat anzuwenden, und gefunden, dass sie dieselbe krystallinische Struktur zeigen wie das gewalzte Metall.

Auch Walzeisen erweist sich durch Anätzen mit concentrirter Salzsäure als krystallinisch.

Ferner habe ich auf dieselbe Weise gefunden, dass alle oben erwähnten Messingsorten, von denen ich Bleche auf ihre Molekularstruktur untersuchte, auch in gegossenem Zustande krystallinisch sind. Merkwürdigerweise ist das Aussehen derselben moireeartig, oder genauer so, als wenn Krystalle oder krystallinische Theilchen in einer sonst amorphen Masse eingesprengt wären. Auch die mit III und IV bezeichneten Messingsorten haben in Gussstücken, wenn sie angeätzt werden, dasselbe Aussehen wie die anderen und das Gleiche gilt auch von den Bronzesorten, an denen ich, wie erwähnt, im gewalzten Zustande eine krystallinische Struktur nicht nachweisen konnte.

Dagegen lässt sich am Aluminium in Barrenform und Nickel in Würfeln eine krystallinische Struktur durch Aetzen nicht wahrnehmen.

Von grossem theoretischen Interesse ist die Frage nach der Molekularstruktur der Metalle in Form von Drähten, da, neben der Natur ihrer Substanz, die Molecularstructur ohne Zweifel der einflussreichste Factor ist, von welchem ihre elektrische Leitungsfähigkeit abhängt. Die Frage erscheint von um so grösserem Interesse, als bekanntlich die Leitungsfähigkeit vieler Drähte

durch Erwärmen und Glühen geändert, oft nicht unbedeutend erhöht wird. Nach den Untersuchungen von SIEMENS*) und MATTHIESSEN**) sind es besonders die Drähte von Kupfer, Silber, Gold, Platin und Messing, deren Leitungsfähigkeit durch Ausglühen nicht unerheblich vergrössert wird. Um so bemerkenswerther ist es, dass nach meinen Beobachtungen Drähte von Silber, Gold und Platin***), an und für sich nicht krystallinisch, durch Glühen krystallinisch werden, wie sich durch Aetzen nachweisen lässt. Schon früher habe ich gefunden, dass Zinkdraht unter Einfluss der Wärme ebenfalls krystallinisch wird und dass seine Leitungsfähigkeit in diesem Zustande um etwa 3 pCt. grösser ist als im unkrystallinischen †). Auch Cadmiumdraht wird durch langsames Erwärmen auf etwa 250° krystallinisch und der Widerstand desselben nimmt ab. Genauere Angaben hierüber behalte ich mir für eine ausführlichere Abhandlung vor.

Kupfer- und Messingdrähte werden zwar durch Glühen nicht krystallinisch, aber dennoch lässt sich unter dem Mikroskop ein Unterschied in der Struktur geglühter und ungeglühter Drähte, die in gleicher Weise geätzt werden, wahrnehmen. Insbesondere finde ich diesen Unterschied bei Kupferdrähten deutlich. Ungeglühter Kupferdraht hat eine streifige Textur, geglühter Draht zeigt eine Aggregation von Theilchen, die bei aller Unregelmässigkeit der Aneinanderlagerung und sonstiger Verschiedenheit sich dennoch einer bestimmten Gestalt zu nähern scheinen. Messingdrähte geben ein ähnliches Bild, doch ist der Unterschied, wie erwähnt, nicht so deutlich ausgesprochen wie beim Kupferdraht. Zwischen geglühtem und ungeglühtem Eisen- und Stahldraht vermag ich dagegen keinen Unterschied wahrzunehmen.

Ich glaube somit als Resultat der vorliegenden Untersuchungen aussprechen zu dürfen, dass der krystallische oder krystalli-

*) Poggendorff, Annalen CX, 18.

**) Poggendorff, Annalen CXVII, 363; CX, 222.

***) In Betreff des Platins liegt eine ältere Beobachtung von Noguès vor (C. R. XLVII, 832).

†) Berichte d. deutschen chem. Gesellschaft XIV, 2750 f.

nische der natürliche Zustand der Metalle ist, der ihnen durch mechanische Einwirkung, den einen leicht, den anderen schwer, einigen vielleicht gar nicht genommen werden kann, und in den viele von ihnen unter dem Einfluss der Wärme wieder übergeführt werden können. Aus der unter Einfluss der Wärme erfolgenden Annahme der krystallinischen Struktur der Drähte einiger Metalle erklärt sich mindestens zum Theil die grössere elektrische Leitungsfähigkeit derselben, die sie durch Erwärmen, Glühen erlangen.

Es dürfte übrigens von Interesse sein, auch mit Rücksicht auf die in neuerer Zeit bestrittene Behauptung von der Correlation der Leitungsfähigkeit der Metalle für Elektrizität und Wärme, zu untersuchen, ob auch die Leitungsfähigkeit der Drähte für Wärme analoge Aenderungen erfährt wie ihr elektrisches Leistungsvermögen.

Hr. Neesen trug vor:

Ueber die Methode von D'ARSONVAL zur Aufrechterhaltung constanter Temperaturen.

Im Nachstehenden erlaube ich mir meine Erfahrungen über die D'ARSONVAL'sche Methode, die Constanz der Temperatur in einem Wärmebade aufrecht zu erhalten, mitzutheilen. Hr. D'ARSONVAL benutzt das Wasser des Wärmebades gleichzeitig als Regulator, indem er die Ausdehnung des Wassers zur Regulirung des Wärmezufusses benutzt. Sein Apparat besteht aus zwei Gefässen, einem kleinen Heizapparat, (Heisswasserheizung), aus dessen oberem Theil eine Rohrleitung in das von allen Seiten wasserdicht verschlossene Wasserbad führt, sich in Schlangenwindungen durch dasselbe zieht und dann aus dem Wasserbadgefäss wieder heraus und in den unteren Theil des Heizgefässes eintritt. Das warme Wasser circulirt also durch die Schlangenhöhre im Wasserbade und dient so als Wärmequelle für letzteres. Von diesem letzteren geht noch eine Manometerröhre mit Quecksilber gefüllt aus, welche in das obere nach unten ausgebogene oben erwähnte Zuleitungsrohr an dem Heizapparat mündet. Bei der Ausdehnung des Wassers im Wasserbade wird das Quecksilber in das Zu-

leitungsrohr gedrückt und dadurch die Oeffnung desselben theilweise verschlossen. Hierdurch regulirt sich die Temperatur. Ich suchte nun die beiden Gefässe in ein einziges zu vereinen, welches direct auf das Eis-Calorimeter, mit welchem ich augenblicklich Messungen über die specifische Wärme des Wassers anstelle, aufgesetzt werden kann. Zu dem Ende nahm ich ein geschlossenes, mit Wasser gefülltes Kupfergefäss von etwa 2 dm Durchmesser und 3 dm Höhe. Das Gefäss war der Länge nach durchsetzt von einer Kupferröhre von 3 cm Durchmesser, in welcher der zu erwärmende Körper aufgehängt wurde. Der Deckel des Gefässes hatte ausser der Oeffnung, in welche das eben erwähnte Rohr eingelöthet war, eine Oeffnung für ein einzukittendes Thermometer, eine zweite, in welche ein Hahn eingelöthet wurde und eine dritte, in die ich eine Uförmig gebogene Glasröhre ein kittete. Letztere war zum Theil mit Quecksilber gefüllt und diente zum Reguliren des Gasstroms in bekannter Weise, indem das bei der Ausdehnung des Wassers im Wasserbade gehobene Quecksilber die Zuflussöffnung des zuströmenden Gases verschloss.

Das ganze Gefäss stand auf einer Metallplatte, die ein Gasbrenner, dessen Speisung in der gedachten Weise regulirt wurde, erwärmte. Die durchgehende Röhre, innerhalb welcher der zu erwärmende Körper hing, war unten durch einen Schieber von Elfenbein verschlossen. Will man den erwärmten Körper einführen in das Calorimeter, so setzt man den ganzen Apparat auf das letztere, so dass der Körper, welcher im Calorimeter seine Wärme abgeben soll, gar nicht mit der äusseren Luft in Berührung kommt. Der Apparat gab namentlich im Anfange ausgezeichnete Resultate. Die Temperatur blieb innerhalb zwei Tage auf $\frac{1}{100}$ Grad constant. Es trat dann ein kleiner Leck ein, vermuthlich am Hahn, durch den verursacht wurde, dass die Temperatur ganz langsam stieg. Ferner zeigte sich, dass sich regelmässige Schwankungen in der Temperatur einstellten, die sich in einem Bereiche von 1 bis $1\frac{1}{2}$ Zehntel Grad hielten. Der Grund hiezu war, dass sich das Gefäss selbst zuerst erwärmte, ausdehnte und daher mehr Gas zuliess als eigentlich der betreffen-

den Temperatur entsprach. Dann erwärmte sich das Wasser und schloss wieder die Zuflussöffnung des Gases, das Gefäss zog sich zusammen und so fort. Mit gutem Erfolge beseitigte ich nach Erkenntniss der Ursache diese Schwankung dadurch, dass ich das ganze Gefäss mit einer Gypshülle umgab, zur Erwärmung einen Metallstab an den Boden des Gefässes anlöthete, welcher durch die Gypshülle hindurchging und mit dem Gasbrenner erhitzt wurde. Trotz der erwähnten Lackage erhielt ich die Temperatur bis auf $\frac{1}{100}$ Grad so lange ganz constant wie es nöthig war, also etwa $\frac{1}{2}$ Stunde lang.

Die D'ARSONVAL'sche Methode ist nach meinen Erfahrungen also nur zu empfehlen.

Gestützt auf die gemachten Erfahrungen lasse ich mir jetzt einen Apparat machen, bei welchem das Gefäss des Wärmebades ganz aus schlecht leitender Masse besteht. Die Zuleitung der Wärme wird bewirkt durch einen Metallstab, welcher in den Boden des Gefässes gekittet ward und einen Metallmantel im Innern des Gefässes trägt, der sich lose an die innere Gefässwand anlegt. Auf diese Weise wird die Wärme nach allen Stellen geführt, von denen aus Abkühlung erfolgt. Der Metallstab wird natürlich von aussen erhitzt.

Ich mache schliesslich noch auf einen Umstand aufmerksam, der auch mich beim Gebrauch des BUNSEN'schen Eis calorimeters längere Zeit belästigte. Ich benutzte die SCHULLER'sche Methode, das Calorimeter in destillirtes Wasser, in welchem ein Eismantel gebildet war, zu setzen. Das destillirte Wasser befand sich in einem Zinkgefäss. Die Eigenbewegung geht nach der Zusammensetzung des Apparates zuerst in der regelmässigen Weise vor sich, wie es der Gefrierpunktserniedrigung durch den Druck der Quecksilbersäule im Calorimeter entspricht. Es schmilzt etwas Eis, der Quecksilberfaden in der Capillaren geht zurück. Nach mehreren Tagen wird die Bewegung, nachdem sie stetig kleiner geworden ist, die entgegengesetzte. Der Quecksilberfaden rückt vor. Dies rührt her von der Gefrierpunktserniedrigung des destillirten Wassers, in welches das Calorimeter eingesetzt ist, durch Verunreinigung des Wassers aus dem Zink. Wird neues

reines Wasser genommen, so ist die Eigenbewegung wieder die normale. Ich benutze diese Gefrierpunktserniedrigung des umgebenden destillirten Wassers, so lange dasselbe noch nicht zu gross ist, um die Eigenbewegung fast ganz wegzuschaffen, indem dem ich, nachdem das selbstständige Vorwärtsschreiten des Quecksilberfadens eingetreten ist, das Zinkgefäss, in welchem sich das destillirte Wasser befindet, etwas von Eis entblösse. Die von aussen zustrahlende Wärme hebt den Einfluss der Gefrierpunktserniedrigung auf.

Hr. **Wangerin** machte folgende Mittheilung:

Ueber die Theorie der Interferenzstreifen eines keilförmigen Blättchens.

Bei dem Druck meines am 20. Januar gehaltenen Vortrags über die Theorie der NEWTON'schen Ringe habe ich einen Punkt übergangen, den ich in dem Vortrage selbst kurz berührt hatte, und auf den ich jetzt, zur Vervollständigung der damaligen Mittheilung, noch kurz zurückkommen möchte. Derselbe bezieht sich auf die scheinbare Drehung, welche die durch ein keilförmiges Glasblättchen erzeugten Interferenzstreifen erleiden, sobald man sich dem Blättchen bis zur deutlichen Sehweite nähert. Auf diese Drehung hat Hr. FEUSSNER zuerst aufmerksam gemacht, und für dieselbe eine Formel entwickelt, die aber mit den von mir in jenem Vortrage mitgetheilten Beobachtungen des Hrn. SOHNCKE nicht übereinstimmt. Aus dieser Nichtübereinstimmung in einem wesentlichen Punkte schloss ich, dass aus jener Formel nichts gegen die Richtigkeit der von mir aufgestellten Theorie der NEWTON'schen Ringe gefolgert werden könne. Der eben genannte Abschnitt meines Vortrags könnte nun das Missverständniss erwecken, als wolle ich das Vorhandensein jener Drehung überhaupt in Abrede stellen. Das ist keineswegs meine Absicht; im Gegentheil habe ich mich gemeinsam mit Hr. SOHNCKE davon überzeugt, dass jene Drehung bei der Beobachtung mit blossem Auge aus der natürlichen Sehweite stattfinde. Das Vorhandensein der Drehung habe ich, wie schon gesagt, in dem

Vortrage selbst erwähnt. Im Folgenden will ich mir erlauben, meine Ansicht über den Grund jener Drehung zu entwickeln und zu zeigen, dass man die FEUSSNER'sche Formel durch einfache Betrachtungen ableiten kann, ohne den Durchgang der Strahlen durch die Linse zu verfolgen und ohne dabei die Frage nach dem Orte der grössten Deutlichkeit der Interferenz zu berühren.

Der Betrachtung werde ein rechtwinkliges Coordinatensystem x, y, z zu Grunde gelegt, dessen Anfangspunkt in der Keilkante liegt. Die Keilkante sei die y -Axe, die x -Axe liege in der oberen Keilfläche senkrecht zur Kante, die z -Axe endlich sei die Normale der oberen Keilfläche. Der Winkel ε der beiden Keilflächen sei sehr klein. Es werde ein Punkt P (vor oder hinter der Keilfläche) ins Auge gefasst, dessen Coordinaten x, y, z seien, und es werde ein einzelner durch P gehender Strahl betrachtet, der von der Oberfläche des Blättchens reflectirt ist, sowie ein zweiter Strahl, der nach einer einmaligen Reflexion im Innern des Blättchens durch P geht und mit dem vorigen interferirt (also von demselben Punkte der Lichtquelle ausgegangen ist). Beide Strahlen besitzen in P die Wegdifferenz

$$(1) \quad \delta = 2\varepsilon n c_1 \left(x + \frac{a}{c} z \right),$$

wenn $-a, -b, +c$ die Richtungscosinus des ersten dieser Strahlen sind, gerechnet in der Richtung von P nach dem Auge, n der Brechungsexponent des Glasblättchens, $n c_1 = \sqrt{n^2 - 1 + c^2}$. In dem Ausdruck (1) sind die Glieder von der Ordnung ε^2 vernachlässigt; ε ist also als so klein angenommen, dass die vernachlässigten Glieder klein sind gegen eine Wellenlänge. Nun sei das Auge so auf den Punkt P eingestellt, dass der betrachtete Strahl $-a, -b, +c$ mit der Sehaxe zusammenfällt. Damit P dem Auge als Punkt eines dunklen Streifens erscheint, muss δ ein Vielfaches einer Wellenlänge sein, da die beiden interferirenden Strahlen, die einen sehr kleinen Winkel mit einander bilden, bei ihrem Durchgang durch das Auge keine neuen Phasendifferenzen erlangen. Es ist also, unter h irgend eine ganze Zahl verstanden,

$$(2) \quad 2 \varepsilon n c_1 \left(x + \frac{a}{c} z \right) = h \lambda.$$

Es sei ferner Q ein dem Punkte P benachbarter Punkt, seine Coordinaten $x + \xi$, $y + \eta$, $z + \zeta$. Der Strahl, welcher Q mit A , dem Mittelpunkte der Pupille, verbindet, habe die Richtungs-cosinus $-\alpha$, $-\beta$, $+\gamma$. Dann ist die Wegdifferenz des Strahles QA gegen den durch Q gehenden, mit ihm interferirenden Strahl

$$(3) \quad \delta_1 = 2 \varepsilon n \gamma_1 \left(x + \xi + \frac{\alpha}{\gamma} (z + \zeta) \right), \quad n \gamma_1 = \sqrt{n^2 - 1 + \gamma^2};$$

und soll Q als Punkt eines dem ersten nahen dunklen Streifens erscheinen, so muss

$$(4) \quad \delta_1 = (h + h_1) \lambda$$

sein, wo h_1 eine kleine ganze Zahl ist. Die Werthe der Richtungs-cosinus α , β , γ sind nun, ausser von a , b , c und ξ , η , ζ noch von der Entfernung l des Punktes P vom Mittelpunkte A des Auges abhängig. Entwickelt man α , β , γ nach Potenzen von $\frac{\xi}{l}$, $\frac{\eta}{l}$, $\frac{\zeta}{l}$ und vernachlässigt schon die Quadrate dieser Grössen, so folgt aus (3) und (4):

$$(5) \quad \delta_1 = 2 \varepsilon n c_1 \left\{ x + \frac{a}{c} z - \frac{c}{n^2 c_1^2} \left(x + \frac{a}{c} z \right) \frac{\zeta + c(a\xi + b\eta - c\zeta)}{l} + \left(\xi + \frac{a}{c} \zeta \right) \left(1 + \frac{z}{c \cdot l} \right) \right\} \\ = (h + h_1) \lambda.$$

Nun ist $l + \frac{z}{c}$ die Entfernung des Auges von der Oberfläche des Blättchens, gemessen in der Richtung der Sehaxe. Wird diese Entfernung mit l_1 bezeichnet, wird ferner $x + \frac{a}{c} z = H$ gesetzt (H ist der Abstand des Punktes, in welchem die Sehaxe die Keilfläche trifft, von der Keilkante), so ergibt sich aus (2) und (5) für die Punkte Q , die auf dem $(h + h_1)^{\text{ten}}$ dunklen Streifen liegen, eine Gleichung von der Form

$$(6) \quad \left(\xi + \frac{a}{c} \zeta \right) - \frac{c}{n^2 c_1^2} \frac{H}{l_1} \{ \zeta + c(a\xi + b\eta - c\zeta) \} = \text{Const.}$$

Geht man vom Coordinatensystem x , y , z zu einem andern recht-

winkligen System X, Y, Z über, dessen Anfangspunkt in P liegt, dessen Axe X mit der Sehaxe zusammenfällt, während Z senkrecht zu X und parallel der oberen Keilfläche ist, so geht (6) über in:

$$(7) \quad \left(\frac{a}{c\sqrt{1-c^2}} - \frac{c\sqrt{1-c^2}}{n^2 c_1^2} \frac{H}{l_1} \right) Y - \frac{b}{\sqrt{1-c^2}} Z = \text{Const.}$$

Der Winkel, welchen hiernach die Streifen mit der Y -Axe bilden, ist (ausser für den Fall $b = 0$) von der Entfernung l_1 des Auges von der Oberfläche des Blättchens abhängig, und für die Grösse ψ dieses Winkels folgt aus (7):

$$(8) \quad \text{tg } \psi = \frac{a}{bc} - \frac{H}{l_1} \frac{c(1-c^2)}{bn^2 c_1^2}.$$

Dies ist genau die Formel des Hrn. FEUSSNER. Zur Ableitung derselben ist es also weder nöthig, den Durchgang der Strahlen durch die Linse des Auges (oder des Beobachtungsinstruments) zu verfolgen, noch braucht man die sämtlichen von einem Punkte P ausgehenden Strahlen zu betrachten. Es genügt allein die Betrachtung des durch den Mittelpunkt des Auges gehenden Strahles. Die Grösse oder Lage des mit der Linse verbundenen Diaphragmas veranlasst ebenso wenig die Drehung, deren Grund allein in dem Richtungsunterschiede der von benachbarten Punkten P und Q gleichzeitig in die Mitte des Auges gelangenden Strahlen liegt. Vor Allem hat nach dieser Ableitung die Frage nach dem Orte der grössten Deutlichkeit der Interferenzerscheinung mit der Drehung der Streifen nichts zu thun; für oder gegen die Richtigkeit einer Theorie, die den Ort der grössten Deutlichkeit der Interferenzerscheinung aus dem Zusammenwirken aller durch einen Punkt gehenden Strahlen bestimmen will, kann die scheinbare Drehung der Streifen nichts beweisen.

Dass die eben abgeleitete Formel nicht allgemeine Gültigkeit hat, folgt aus den früher mitgetheilten Beobachtungen des Hrn. SOHNCKE. Es erklärt sich dies, wenn man nicht nur die centralen, sondern die sämtlichen von den Punkten P, Q in das Beobachtungsinstrument gelangenden Strahlen berücksichtigt. Es unterscheiden sich dann die Phasendifferenz δ_1 der verschiedenen

von Q ausgehenden Paare von interferirenden Strahlen unter einander um Grössen, gegen die, für weitere Entfernungen l , die Grössen der Ordnung $\frac{\xi}{l}$ etc. verschwindend klein sind.

Es bleibt mir noch übrig, das Verhältniss des hier entwickelten Resultats zu dem im Anhang der Arbeit über die NEWTON'schen Ringe (WIED. ANN. XII. p. 247, 248) abgeleiteten, wonach die Streifen der Keilkante parallel sind, klarzustellen. Dort hatte ich nur den Fall betrachtet, dass der Punkt, in dem die Interferenz stattfindet, in der Axe des Beobachtungsinstrumentes liegt. Diese Art der Betrachtung, bei der man das Instrument successive auf verschiedene Punkte des Raumes einstellt, und den Punkt, in welchem man die Interferenz untersuchen will, jedesmal in die Mitte des Gesichtsfeldes bringt, giebt jedenfalls das richtigste Bild von dem wirklichen Vorgang, und bei ihr allein hat auch der Begriff der Interferenzfläche einen Sinn. Dieser Betrachtung entsprechend wurden auch die Beobachtungen der NEWTON'schen Ringe angestellt. Hierauf beschränkt, halte ich auch jetzt noch das frühere Resultat aufrecht. Will man also die verschiedenen Punkte desselben Streifens successive in die Mitte des Gesichtsfeldes bringen, so muss man das Beobachtungsinstrument parallel der Keilkante fortbewegen. Fasst man die verschiedenen Punkte eines grösseren Gesichtsfeldes gleichzeitig ins Auge, so ist noch den obenstehenden Betrachtungen gemäss der Richtungsunterschied der von benachbarten Punkten ausgehenden Strahlen zu berücksichtigen.

Nachschrift. Hr. FEUSSNER hat ganz kürzlich den Widerspruch zwischen seiner Formel und den von mir mitgetheilten SOHNCKE'schen Beobachtungen dadurch zu heben gesucht, dass durch Hrn. SOHNCKE's Versuchsanordnungen die Voraussetzungen seiner Theorie nicht erfüllt seien, insofern keine Lichtquelle von genügender Ausdehnung benutzt sei. Dass die Ausdehnung der Lichtquelle auf die Erscheinung von Einfluss sein kann, ist ohne Weiteres zuzugeben. Durch das jedoch, was Hr. FEUSSNER hierüber beibringt, ist die Sache nicht erledigt. Ein näheres Ein-

gehen auf diesen Punkt, sowie überhaupt auf die Auseinandersetzungen des Hrn. FEUSSNER, soweit sie sachlicher Natur sind, behalte ich mir vor.

Hr. C. Baur, als Gast anwesend, machte folgende, von Hrn. HELMHOLTZ mit einigen Worten eingeleitete, Mittheilung. Die geschilderten Versuche wurden nach Schluss der Sitzung vorgeführt:

Ein neues Thermoskop.

EDISON sprach vor einiger Zeit die Möglichkeit aus, die grosse Veränderlichkeit des elektrischen Leitungswiderstandes mit der Temperatur zu benutzen, um ein Thermoskop zu construiren, viel empfindlicher als die Thermosäule von MELLONI.

Am Anfange dieses Semesters stellte mir Hr. Geheimrath HELMHOLTZ die Aufgabe, eine Untersuchung über diesen Gegenstand anzustellen. Mitte Januar dieses Jahres war es mir dann nach vielfachen Versuchen gelungen, ein Instrument herzustellen, das an Empfindlichkeit und Zuverlässigkeit wenig mehr zu wünschen übrig liess. Um diese Zeit erhielt ich dann Kenntniss von den Arbeiten des Hrn. LANGLEY*), der dieselben Untersuchungen gemacht hat und dessen Instrument im Wesentlichsten mit dem meinigen übereinzustimmen scheint.

Das Princip des neuen Thermoskopes ist sehr einfach. Man denke sich einen WHEATSTONE'schen Messdraht, auf der einen Seite einen Stromkreis mit einem Galvanometer und auf der andern Seite einen Stromkreis mit zwei dünnen Metallblättchen, die hinter einander geschaltet und durch einen Schirm von einander getrennt werden. Von dem Verbindungspunkte der beiden Blättchen aus geht der Brückendraht, in den eine Batterie geschaltet ist, mit Contact auf dem Messdraht. Verschiebt man diesen Contactpunkt, so findet man auf dem Messdraht eine Einstellung, für welche die Stromstärke im Galvanometerkreise gleich Null ist. Bestrahlt man dann eines der beiden Blättchen, so

*) Langley, Sill. J. (3) XXI, 187. 1881; Chem. News XLIII, 6. 1881; Proc. of the Amer. Acad. N. S. V. VIII. Part II. 1881.

entsteht im Galvanometer eine Ablenkung, die man der Intensität der Strahlung proportional setzen darf.

Die beiden Blättchen müssen ganz genau gleichen Widerstand haben. Sie wurden aus Staniol herausgeschnitten und mit Platinchloridlösung geschwärzt. Rauschgold und Goldpapier erwiesen sich als unbrauchbar. Um zwei Blättchen von ganz genau demselben Widerstand zu bekommen, legte ich zwei Staniolstreifen auf einander, dazwischen ein dünnes Papier und schnitt nach einer Schablone die Blättchen heraus. Ich gab ihnen Gitterform mit 1—2 mm Balkenbreite und 0,5 mm breiten Zwischenräumen. Die Blättchen wurden auf einer Holzscheibe so aufgeklebt, dass sie nur am Rande das Holz berührten, in der Mitte aber frei in der Luft lagen. Zwei Enden der beiden Blättchen wurden an eine und dieselbe Klemme, die beiden andern an einzelne isolirte Klemmen gelöthet. Das Ganze wird dann in einen Schutzkasten aus Pappe gestellt, um Luftströmungen sorgfältig zu verhüten. Vor dem Blättchen, das man bestrahlen will, befindet sich ein Deckel, der leicht und schnell mit Schnüren sich auf- und zuklappen lässt.

Die Empfindlichkeit des ersten von mir nach obigen Principien hergestellten Thermoscopes war, wenn die beiden Blättchen einen Widerstand von 9,8 S. E. hatten und 3 DANIELL'sche Elemente neben einander in den Brückendraht eingeschaltet wurden, 6mal grösser als die der empfindlichsten MELLONI'schen Säule des Institutes. Die Wärmeaufnahme und -Abgabe der Blättchen war so zu sagen momentan, das Instrument ist vollständig zuverlässig und man kann mit ihm überraschend schnell und sicher arbeiten.

Wendet man statt des gitterförmigen Blättchens einen einzigen geradlinigen Streifen an von 0,5—1,0 mm Breite an, so ist es vielleicht möglich, die FRAUNHOFER'schen Linien auch im Wärmespectrum zu constatiren.

Wer sich schnell von den Vortheilen dieses neuen Thermoscopes überzeugen will, der schlage einen Staniolstreifen von etwa 10—12 cm Länge und 3—4 mm Breite um ein Stück Holz, befestige die Leitungsdrähte daran mit Klemmen und umschliesse

das Ganze mit einem Kasten mit Deckel. In dieser Form ist das Instrument mindestens so empfindlich als eine gute Thermosäule.

LANGLEY hat gefunden, dass Blättchen aus Stahl, Eisen, Platin und Palladium am vortheilhaftesten seien. Die Zahl der zu verwendenden Elemente muss man durch Probiren bestimmen. Wird die Stromstärke zu gross, so erwärmen sich die Blättchen zu stark, es entsteht beim Oeffnen des Deckels ein starker Luftstrom und der Ausschlag wird gefälscht.

Das neue Thermoscop wurde zunächst angewendet zu einer Wiederholung der MELLONI'schen Versuche und dann zum Studium des Wärmespectrums, das durch ein Reflexionsgitter erzeugt wurde. Die verschiedenen Spectren liegen übereinander. Das Thermoscop ist so empfindlich, dass man die Strahlung da noch constatiren kann, wo das äusserste gebeugte Licht hinfällt.

Hr. **Helmholtz** zeigte die von Hrn. **Holz Müller** berechneten und elektrochemisch auf Metallplatten fixirten Curven der Vertheilung des Stromes zwischen zwei Elektroden.

No. 5.

Sitzung vom 17. März

1882.

Ausgegeben am 29. März.

Vorsitzender: Hr. DU BOIS-REYMOND.

Hr. **Kayser** trug Folgendes vor:

Ueber die Schallgeschwindigkeit im Holz.

Zufällig kam mir in diesen Tagen eine Untersuchung von Hrn. MAGNUS C. IHLSENG über die Schallgeschwindigkeit in amerikanischen Hölzern im Amer. J. for Science and Arts, Febr. 1879, in die Hände, an welche ich einige Bemerkungen knüpfen möchte. Die Schallgeschwindigkeit wird auf zwei Weisen von Hrn. IHLSENG bestimmt. Der Holzstab ist in der Mitte eingeklemmt, das eine Ende wird gerieben, so dass er tönt; seine Länge ist dann gleich der halben Wellenlänge, $= \frac{\lambda}{2}$. Die Schwingungszahl n wird

bestimmt 1) indem das zweite Ende des Stabes seine Schwingungen aufzeichnet, und dieselben für eine Sekunde gezählt werden. Damit hat man $v = n\lambda$; 2) indem das zweite Ende nach KUNDT'S Methode Staubfiguren in einer Röhre erzeugt; ist dabei die Länge der halben Staubwelle $\frac{l}{2}$, die Schallgeschwindigkeit im Rohre a , so ist $n = \frac{a}{l}$, also das gesuchte $v = a \frac{\lambda}{l}$.

Hr. IHLSENG erhielt für v Zahlen, die um $4000 \frac{\text{m}}{\text{sec}}$ herum liegen, aber nach der zweiten Methode stets grössere Werthe, ohne den Grund hierfür errathen zu können. Ich glaube derselbe ist einfach anzugeben. Leider giebt Hr. IHLSENG sein Beobachtungsmaterial so unvollständig, dass ich nicht sicher weiss, wie er gerechnet hat, glaube aber nach seinen Worten annehmen zu müssen, dass er für a die Schallgeschwindigkeit im freien Raum genommen hat, also etwa $a = 332,5$ m. Das durfte er bekanntlich nur, wenn sein Rohr ∞ weit, oder der Ton ∞ hoch gewesen wäre. Andernfalls tritt Verringerung von a durch Reibung und Wärmeleitung auf, und zwar nach KIRCHHOFF nach der Gleichung

$$u - a = \frac{\gamma u}{2r\sqrt{\pi n}},$$

wo u die Geschwindigkeit im freien Raum, a die im Rohre bedeutet, $2r$ der Durchmesser des Rohres, n die Schwingungszahl des Tones ist, endlich γ eine Constante ist, deren Grösse ich früher für Glasröhren zu

$$\gamma = 0,0235 \frac{\text{m}}{\text{sec}}$$

bestimmt habe.

Hr. IHLSENG giebt den Durchmesser der Röhre an als 19 mm, n lässt sich aus einer seiner Tabellen berechnen, es liegt zwischen 1000 und 2000. Nehmen wir als Mittelwerth $n = 1500$, so wird

$$u - a = 6 \frac{\text{m}}{\text{sec}}, \quad a = 326,5 \frac{\text{m}}{\text{sec}}.$$

Während also Hr. IHLSENG nach KUNDT'S Methode v hätte berechnen müssen aus $v = 326,5 \frac{\lambda}{l}$, hat er genommen $v = 332,5 \frac{\lambda}{l}$; für

die mittlere Geschwindigkeit von 4000 m in den Hölzern musste also nach der zweiten Methode der Werth um 73 m zu gross ausfallen. Hr. IHLSENG giebt als Differenz zwischen den Resultaten nach beiden Methoden 61 m an, — gewiss eine genügende Uebereinstimmung, wenn man sieht, dass der wahrscheinliche Fehler der einzelnen Bestimmungen bei Hrn. IHLSENG 10 m erreicht.

Zum Schluss bemerke ich noch, dass nach meinen Erfahrungen an Glasstäben die graphische Methode für genaue Bestimmungen ganz unbrauchbar ist, da, wie auch Hr. IHLSENG beobachtet hat, der Stab nicht nur longitudinal, sondern gleichzeitig auch transversal schwingt, und daher die Kurven, welche eine Kombination beider Schwingungen zeigen, *n* nur ungenau bestimmen lassen. Nach KUNDT'S Methode lässt sich eine weit genauere Messung erreichen, als sie sich bei Hrn. IHLSENG findet.

Darauf trug vor Hr. **Th. Gross:**

Ueber Selen und Schwefel.

Da in meinen Experimenten eine Unterbrechung für einige Zeit stattfindet, erlaube ich mir die folgende Anzeige zu machen.

Ein Theil selensaures Kalium, das frei war von durch Schwefelwasserstoff fällbaren Körpern, wurde mit circa dem dreifachen salpetersauren Baryum, oder auch mit einer Mischung von kohlsaurem Kalium und salpetersaurem Baryum, und mit circa dem sechsfachen kohlsauren Baryum, alles von reinster Beschaffenheit, im Platintiegel geschmolzen. Die Masse wurde dann stundenlang mit starker reiner Salzsäure gekocht, diese verdünnt, filtrirt und mit klarer frisch bereiteter Zinnchlorürlösung versetzt. Das dadurch gefällte Selen wurde mit heisser verdünnter Salzsäure ausgewaschen, bis diese mit Schwefelwasserstoff keine Trübung gab, und dann mit Wasser: es bestand aus dunkelbraunen weichen Flocken, und färbte sich auch bei anhaltendem Erhitzen mit Wasser nicht schwarz. An der Luft scharf getrocknet, und dann im Wasserstoffstrom geglüht, hinterliess es einen beträchtlichen schwarzen Rückstand, der mit Königswasser ausgekocht

und vollständig ausgewaschen wurde. Das hierbei ungelöst bleibende schwarze Pulver betrug nach dem Trocknen trotz mancher Verluste circa 1 pCt. des durch Zinnchlorür gefällten Niederschlages. Eine Probe dieses schwarzen Pulvers gab, nochmals mit Königswasser gekocht, an dasselbe keinen durch Schwefelwasserstoff fällbaren Körper ab.

Die Versuche wurden mit circa 3 grm selens. Kalium angestellt.

Die so erhaltene schwarze Substanz wurde mit kohlsaurem Kali-Natron im Platintiegel geschmolzen. Bei der Behandlung der Schmelze mit Wasser blieb ein weisses Salz ungelöst, das sich in Salzsäure löste. Die klare salzsaure Lösung gab mit überschüssigem Ammoniak oder Natron erwärmt, einen weissen flockigen Niederschlag, wenn sie nicht zu verdünnt war. Im letzteren Falle wurde zur Trockniss und bis zur theilweisen Sublimation des Salmiak erhitzt, wobei sich braune Flocken in der Salzmasse abschieden. Diese sowohl wie die durch Natron und Ammon erhaltenen Niederschläge gaben bei ganz eisenfreien Materialien mit verdünnter Salzsäure gelbe Lösungen, die im Wasserbade eingedampft, eine gelbe Salzrinde hinterliessen, die sich leicht wieder in Wasser löste, und stärker erhitzt, röthlich braun wurde. Im Reductionstiegel im Wasserstoff geglüht, gab dieses Salz wiederum die schwarze Substanz. In feuchtem Chlorgase geglüht, gab letztere eine rothbraune im Chlorstrom flüchtige, und später eine weisse nicht flüchtige bei starker Gelbgluth des Tiegels nicht geschmolzene Verbindung. Beide Chlorverbindungen lösten sich nicht in Königswasser.

Nach diesem Verhalten muss ich die so gewonnene Substanz für identisch mit der von mir schon beschriebenen schwarzen Substanz halten.

Die schwarze Substanz lässt sich auch ohne vorherige Fällung mit Zinnchlorür erhalten, wie das analoge Experiment mit Schwefel zeigte. Es wurde schwefelsaures Kalium mit salpetersaurem Baryum und kohlsaurem Kalium, alles chemisch rein, geschmolzen, und die Schmelze mit Salzsäure ausgekocht. Eine Probe der filtrirten Lösung gab mit Zinnchlorür keine Fällung.

Der nicht mit Zinnchlorür versetzte Theil der Flüssigkeit gab mit Ammoniak im Ueberschuss versetzt und erwärmt, einen weissen flockigen Niederschlag. Derselbe wurde in Salzsäure gelöst, und die Lösung im Wasserbade zur Trockniss eingedampft. Die zurückbleibende Salzmasse blieb einige Tage unter absolutem Alkohol stehen, mit dem sie wiederholt erwärmt wurde.

In dem dann abfiltrirten gelb gefärbten Alkohol erfolgte auf Zusatz von Aether keine Fällung. Nach dem Verdampfen des Alkohol hinterblieb eine gelbe Salzmasse, die im Wasserstoff geglüht, eine schwarze Substanz gab, die sich gegen Chlor ganz wie die oben bei Selen beschriebene verhielt.

Der relative Ertrag ist geringer als bei Selen. Nähere Angaben bleiben vorbehalten.

Bei dieser Gelegenheit sei noch erwähnt, dass, wie ich schon vor einigen Jahren beobachtete, Schwefel in der Nähe seines Siedepunktes den galvanischen Strom leitete, so dass ein empfindliches Spiegelgalvanometer eine dauernde Ablenkung von mehreren Skalentheilen zeigte. Am LIPPMANN'schen Capillar-Elektrometer wurde auch ein depolarisirender Strom beobachtet.

Diese Versuche wurden in Verbindung mit solchen über Glas, Glimmer und andere Isolatoren angestellt, und sollen in diesem Zusammenhange wiederholt und weiter geführt werden.

Hr. B. Schwalbe trug vor:

Beobachtungen an einigen Eishöhlen.

In einer früheren Abhandlung (Verhandlungen der geogr. Gesellschaft zu Berlin 1881 März) hatte ich die wichtigsten Daten über Eishöhlen, so weit sie mir aus der Litteratur bekannt waren, zusammengestellt und einige Beobachtungen an der Rother Eishöhle (Eifel) und an den Eisbildungen in den Geröllen des Westerwaldes hinzugefügt. Inzwischen sind mir neue Notizen über die Eisansammlungen in den böhmischen Basalten und eine Mittheilung über neue Eishöhlen, die bis jetzt noch nicht beschrieben sind, bei Znaim, ganz besonders dadurch merkwürdig, dass sie sich im Gneis befinden, von Hrn. Prof. JARZ zugegangen.

Derselbe wird seine Untersuchungen hierüber veröffentlichen*) cf. PETERMANN Mitth. 1882, H. 3. Da meiner Ansicht nach eine vollständige Erklärung des Phänomens bisher nicht gefunden ist, versuchte ich zunächst durch Erweiterung der Anschauung mir Material zu verschaffen und besuchte die drei ungarischen Eishöhlen in von Demanova, Dobschau und Szilicze und eine sehr bekannte Steiermark, die Eishöhle in der Frauenmauer bei Eisenerz. Die Eisansammlungen in den böhmischen Basalten so wie die berühmte Eishöhle von Skeresora in Siebenbürgen konnte ich aus Mangel an Zeit nicht, meiner ursprünglichen Absicht gemäss, untersuchen. Indem ich auf das Geographische und die Beschreibung der Eishöhlen, von denen die von Szilicze in den letzten Jahren gar nicht mehr besucht ist und kaum von den Einwohnern der nächsten Orte noch gekannt wurde, nicht eingehe, so manches physikalisch Interessante sich auch dabei anknüpfen lässt, resumire ich die Beobachtungen.

In allen diesen Eishöhlen findet sich die Hauptbildung des Eises am Boden und an den Seitenwänden, das herabtropfende Wasser liefert die Eiskruste, das hervorsickernde Wasser erstarrt öfters sofort zu Eiströpfchen oder bildet auch stalaktitische Gestalten, an den Orten der Eisbildung selbst herrscht kein Luftzug, die Temperatur der Luft ist wenig über Null, die Luft gesättigt mit Wasserdampf, der sich an den festen mit Eis überzogenen Körper in den verschiedensten Formen ansetzt, die Temperatur in einzelnen Spalten ist unter Null. Alle diese Höhlen liegen im Kalkstein. Die Lage der Oeffnung ist nicht bedingend; in einzelnen Fällen ist dieselbe sehr weit bis 50' hoch.

Die Eishöhle von Demanova (bei Liptos Sz. Miklos) liegt an einem steilen Abfall ungefähr 150' über der Thalsohle am Fusse eines senkrechten hohen Kalkfelsens. Der Eingang der Höhle, durch welchen man in dieselbe gelangt, ist frei, den Sonnenstrahlen

*) Auch bei Landl (Kronprinz Rudolfs Bahn) ist im vorigen Jahre eine Eishöhle entdeckt. Zur Litteratur die in der oben citirten Abhandlung zusammengestellt ist, ist hinzuzufügen eine Eishöhle in der Bielgruppe (Tourist I, No. 3), von der berichtet wird, dass die herabfallenden Tropfen am Boden gefrieren.

ausgesetzt, nach W-SW, gleich rechts daneben mündet ein zweiter Eingang, der sich noch mehr nach Süden öffnet. Vor der Höhle betrug die Temperatur (8 h 35 m morgens) 12° C., im Thale 15° C. (23/7). Der Eingang ist 2,5 m hoch und bis 6 m breit. Gleich hinter dem Eingange senkt sich die Höhle bedeutend, und man gelangt an der tiefsten Stelle in einen kuppelartigen Raum, von dem aus die weiter fortführende Tropfsteinhöhle in einem 30' hohen Abhange emporsteigt. Dieser Abhang ist ganz mit Eis überzogen, ebenso fanden sich Säulen (20' hoch bis 3' dick), Vorhänge, Stalaktiten u. s. w. Die Bildungen an der Decke sind wenig bedeutend. Es findet sich kein fließendes Wasser oder sonst irgend ein Abzugskanal. Die Kälte war nicht sehr empfindlich, da die Luft sehr feucht war, denn das trockne und feuchte Thermometer zeigten in ihrer Stellung keinen Unterschied (2°). In der Vorderhöhle war die Temperatur 4° . In der Tropfsteinhöhle fanden sich keine Eisbildungen mehr, aber auch äusserst spärliches Sickerwasser; im Frühjahr, wo dieses zunimmt, soll das Eis auch in diese Höhle hineinwachsen. In den Spalten des Felsen war die Temperatur 0,1—0,5 so dass die Abkühlung vom Felsen vom Innern des Berges aus vor sich geht. Das Eis sitzt dem Felsen fest an. Auch bei dieser Höhle ist das Eis z. Th. in einem eisfreien Winter entfernt worden und hat sich dann aufs Neue im Frühjahr gebildet. Die Erklärung, welche sich die Leute geben, entspricht der äusseren Anschauung, dass das Eis durch Durchsickern selbst aus dem Berge herauskomme. Ein Luftzug war in der Höhle selbst gar nicht zu merken.

Die Eishöhle von Dobschau, von KRENNER ausführlich beschrieben, ist viel ausgedehnter und mit erstaunlichen Eismassen angefüllt. Die Oeffnung liegt an der Mitte eines bewaldeten Abhanges nach NNO und senkt sich gleich ziemlich steil nach unten. Schon unmittelbar am Eingang, wenige Schritte von dem freien der Sonne ausgesetzten Platze finden sich Eisbildungen. Das Wasser tropft aus dem Felsen hervor auf eine Wand von Tannenreisig, die neben der Eingangsthür angebracht ist, um den Eintritt zu verwehren; überall bildet dieses Wasser Eiszapfen, die an dem Reisig herunterhängen und kann man die Erstarrung der

Tropfen sehr gut verfolgen (überkältetes Wasser). Der Eingang ist circa 2 m hoch und breit, wenn man von niedrigen Stellen ab- sieht. Die Luft vor der Höhle hatte $16^{\circ},4$ C. trocknes Thermometer und $11,5^{\circ}$ feuchtes Thermometer, am Eingang selbst gaben das trockene Thermometer $1,3$, das feuchte 1° , aber schon innerhalb des Einganges standen beide vollständig gleich 1° . Auch hier zeigte sich, dass man die niedrige Temperatur nur wenig empfand, dass nicht der geringste Luftzug zu bemerken war, dass die Eis- bildungen am Boden durch das herabträufelnde Wasser und von den Wänden aus vor sich ging. Die Luft in den Spalten betrug $0,0$ bis $0,2^{\circ}$. Die Lufttemperatur in der Höhle selbst wurde nie- driger gefunden als bei KRENNER. Die in der Höhle aufgestellten Thermometer waren z. Th. nicht brauchbar und wies sich der Führer unfähig die Beobachtungen zu machen. Nach meinen Beobachtungen war die Luft $0,25$, $0,15$ und $1,29^{\circ}$, wobei freilich eine Messung in der Mitte der eingeschlossenen Luftmasse nicht gemacht werden konnte. KRENNER giebt 5° im Sommer. Unter- schiede im Stande des trocknen und feuchten Thermometers auch beim längeren Schleudern des Letzteren wurden nicht wahrgenommen. Die Temperatur des herabträufelnden Wassers wurde unter Null $-0,2$ gefunden. Die Art der Eisbildun- gen ist äusserst mannichfaltig. Abgesehen von der häufig auf- tretenden Perlbildung unmittelbar an den Felsen, den festen com- pakten Eismassen am Boden finden sich scheinbare Schichten, in denen Luftblasen eingeschlossen sind, oder auch krystallinisch prismatische Absonderungen. Die Eismassen haben z. Th. solche Dimensionen, dass sie 40 Fuss Höhe und mehrere Meter Stärke erreichen, ganze Tunnel u. s. w. in ihnen ausgehauen werden konnten.

Eigenthümlich scheint auch das gletscherartige Vordringen des Eises aus dem Berge an einer Stelle der obern Höhle. Be- sonders bemerkenswerth sind die an den Treppengeländern, Holz- pfählen u. s. w. sich findenden Eisbildungen. Die Stufen sind vergletschert und an der untern Seite der Geländerarme finden sich regelmässig ausgebildete Eiskrystalle, die auf einer Eiswand in der obern Höhle sich in grösster Pracht gebildet haben, sechs-

seitige Tafeln bis Zollgrösse in den manichfaltigsten Krystallaggregationen. Da diese Krystalle sich an der untern Seite, bei den verticalen Säulen seitlich bilden, scheint es, als ob sie aus dem Wasserdampf, der die Höhle füllt, hervorgegangen wären. Dass das Sickerwasser in der That die Hauptrolle spielt, geht noch daraus hervor, dass als bei einer starken Eissäule, die mächtig anwuchs, das Sickerwasser aufhörte, das Anwachsen nachliess; übrigens sind in der kurzen Zeit weniger Jahre Neubildungen von Eissäulen beobachtet. Die Abschmelzung im Sommer ist nur gering. Der am Ende der Höhle befindlichen schluchtartigen Fortsetzung kann ich keinen Einfluss auf die Bildung zuschreiben, auch fehlt diese bei der Eishöhle von Demanova. Um von der Grösse der Eisbildungen eine Vorstellung zu geben, führe ich an, dass die gesammte Eismasse auf 120,000 cbm geschätzt wird, die mit Eis bedeckte Fläche 7171 qm umfasst und sich bis 15 m hohe Eiswände finden.

Ganz andere Verhältnisse bietet die Eishöhle von Sziliez (südlich von Dobschau), die auch in ähnlichem porösem Kalkgestein liegt. Sie findet sich auf einem Kalkplateau, das ausserordentlich zahlreiche schöne Dollinen zeigt bei Pelschütz (Pelsöcz). Die Kalksteinwand fällt an der einen Seite der Dolline steil ab und am Fuss dieses Absturzes öffnet sich eine grosse bis 20 m hohe Grotte, in der schon die Eisbildung vor sich geht (fast nach N-NNO gewandt); vor dem zuerst schwach geneigten Eingange ist niedriges Gestrüpp. Da hier eine Communication mit der Aussenluft in hohem Grade stattfindet, sind die zugänglichen Eisbildungen wenig bedeutend, der abschüssige Boden ist mit einer dicken Eiskruste überzogen, auch findet sich Perleis und einzelne Eissäulen. Im Frühjahr soll die Eisbildung eine ausserordentlich mächtige sein, während im Winter kein Eis vorhanden sein, sondern warme Luft den Raum anfüllen soll. Die Grotte verengt sich sehr schnell und mündet in einen jähren vereisten Absturz, in den sich noch Niemand hinabgewagt hat; wegen der Glätte des Eises ist es schwer thunlich, bis an denselben heranzutreten. Auch hier war die Luft in den Felsspalten (auch in den höher gelegenen) 0° , an der tiefsten Stelle der geräumigen Grotte

hatte die Luft 1° , das Tropfwasser 0,0 bis 0,7, an der Stelle wo man aus der Grotte heraustritt, so dass man freien Himmel über sich hat, zeigt die Luft 6° . Es war Mittag (12 h) und zeigte das Thermometer im Schatten 18° C. (29. Juli). In einer kleinen Seitenhöhle von 3 m Tiefe war die Luft 2° warm, also ein Zeichen, dass auch in den Stellen neben der Höhle bedeutende Abkühlung des Bodens vorhanden war.

Die vierte Eishöhle, die ich besuchte, war die am Gsollgraben in Steiermark bei Eisenerz in der sogenannten Frauenmauer, die öfters beschrieben ist. Diese ist dadurch merkwürdig, dass sie zwei Oeffnungen an entgegengesetzter Seite der Bergwand besitzt; aus der untern fällt fortwährend ein kalter Luftstrom in das Thal hinab, den man bei Besteigen der Felswand deutlich empfindet. Die Eisbildungen finden sich nicht im Hauptkanal der Höhle, sondern in einer seitlichen Vertiefung. Am Eingang waren 7° . Die Lufttemperatur in der Eisgrotte $1,7-2^{\circ}$, am Felsen $0,5$, das Wasser hatte $0,0^{\circ}$, also ganz ähnliche Verhältnisse wie die früheren. Im Frühjahr ist die Eisbildung ausserordentlich mächtig, im Winter minimal, auch hier keine besondere Abzugskanäle, doch gehen von der Eishöhle aus noch einige tiefe Schluchten in den Berg hinein.

Alle diese Beobachtungen haben mir bestätigt, dass der Sitz der Abkühlung der Boden selbst sei, dass die Ansammlung von kalter Luft, aus dem Winter herkommend, die Erscheinung nicht erklärt, ebenso wenig wie die Verdunstung und der Luftzug. Wollte man selbst diese heranziehen, was nach obigem nicht gut möglich ist, so setzt diese Erklärung immer voraus, dass vorher das Wasser sehr stark abgekühlt ist, und dies geschieht offenbar durch den Sickerprocess, denn wo dieser aufhört, schwindet die Erscheinung. Auch würde die Verdunstung nicht erklären, wie die niedrige Bodentemperatur hergebracht wird, denn in andern Höhlen ist die Bodentemperatur (und die der Luft) $7-8^{\circ}$. Auch finden sich Eishöhlen, deren Mündung nach aufwärts steigt und die Eisbildung sich an einem Orte findet, der höher liegt als der Eingang. Die ganze Erscheinung macht den Eindruck als ob das Wasser überkältet aus

dem Gestein heraustritt und beim Auffallen erstarrt; ich werde eine weitere Ausführung dieser Theorie an anderer Stelle zu geben versuchen. Dass die Bedingungen, unter denen der Sickerprocess diese höchst merkwürdige Erscheinung hervorbringt, noch aufzuklären sind, ist selbstverständlich; wie weit bei Eisbildung in Basalten und Geröllen, überhaupt der Luftzug eine Rolle spielt, ob er das die Erscheinung veranlassende ist, mag dahingestellt bleiben, Untersuchungen an den böhmischen und thüringischen Geröllablagerungen werden dies nachweisen.

No. 6.

Sitzung vom 31. März

1882.

Ausgegeben am 18. April.

Vorsitzender: Hr. DU BOIS-REYMOND.

Hr. H. W. Vogel trug vor:

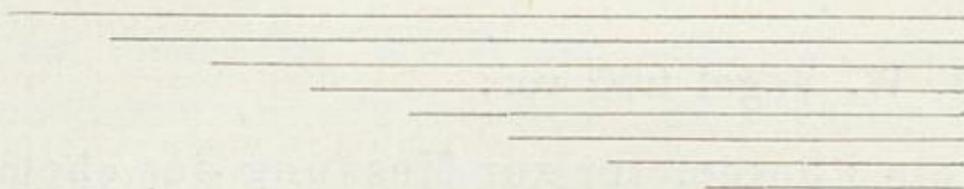
Ueber ein Photometer zur Messung der chemischen
Wirkung des Lichts.

Zur Messung der chemischen Lichtwirkung sind sehr verschiedene Methoden in Vorschlag gebracht worden, unter denen nur eine allgemeinere wissenschaftliche Anwendung erlangt hat, d. i. die Bestimmung der chemischen Lichtintensität durch die Zeit, welche nöthig ist, einem mit Chlorsilber präparirten lichtempfindlichen Papier eine bestimmte Färbung zu ertheilen. Diese von BUNSEN und ROSCOE angegebene Methode ist bereits von verschiedenen Beobachtern in verschiedenen Breiten mit Erfolg verwendet worden und ist auf mehreren meteorologischen Stationen in England constant in Anwendung. Dieselbe zeigt aber einen sehr wesentlichen Uebelstand, d. i. die geringe Lichtempfindlichkeit des betreffenden Papiers. ROSCOE erklärt auf Grund von Beobachtungen mit diesem Material, dass die directen Sonnenstrahlen keine chemische Wirkung mehr zeigen, wenn die Sonne tiefer als $12^{\circ}58'$ stehe. Diese Angabe steht im Widerspruch mit der oft beobachteten Thatsache, dass selbst im Momente des

Sonnenuntergangs Momentphotographien der Sonne aufgenommen werden können, also eine sehr entschiedene chemische Wirkung der directen Sonnenstrahlen selbst bei 0 Grad Sonnenhöhe vorhanden ist, und dass bei diesem tiefen Sonnenstande das Spektrum der Sonne, obgleich es sich im Violett erheblich verkürzt erweist, selbst mit dem blossen Auge noch blaue und indigofarbene d. h. photographisch wirksame Strahlen erkennen lässt.

Ausser dem Roscoe'schen Instrumente existiren noch andere, nach einem ganz abweichenden Princip construirte, welche in der photographischen Praxis Anwendung gefunden haben. Dieselben enthalten eine halbdurchsichtige Skala aus einzelnen terrassenförmigen Lagen eines durchscheinenden Materials — z. B. Papier — gebildet (s. Figur 1). Ein Streifen lichtempfind-

Figur 1.



lichen Papiere, unter solcher Skala belichtet, färbt sich unter den dünneren Stellen derselben zuerst und schreitet die Färbung nach den dickeren hin um so rascher fort, je stärker das Licht ist. Auf den einzelnen Stufen des terrassenförmigen Streifensystems sind schwarze Zahlen aufgedruckt, die das Licht zurückhalten und daher bei der Färbung des Papiers weiss bleiben. Man erkennt deshalb die Stelle, bis zu welcher die Lichtwirkung fortgeschritten ist, an der daselbst erschienenen Zahl. Ich construirte ein solches, vielfach in der praktischen Photographie angewendetes, Instrument 1867 (s. Berichte der deutsch. chem. Gesell. 1867).

Neuerdings hat WARNEKE in London ein ähnliches Instrument aus gefärbten Gelatinschichten gebildet. Die Helligkeit unter solchen halbdurchsichtigen Streifensystemen ist, falls die ursprüngliche Stärke des auffallenden Lichts = 1 und die Stärke nach Durchgang durch einen Streifen = $\frac{1}{n}$ ist, nach dem

Durchgang durch x Streifen $\frac{1}{n^x}$ und bilden demnach die Lichtstärken, welche nach dem Durchpassiren durch 1.2.3.4... x Streifen übrig bleiben, d. i.

$$\frac{1}{n} : \frac{1}{n^2} : \frac{1}{n^3} : \frac{1}{n^4} \dots \frac{1}{n^x}$$

eine geometrische Reihe. Ist z. B. n gleich 5, so ist das Verhältniss der Lichtstärken 1:5:25:125 etc. Die Grade steigen deshalb sehr beträchtlich an, namentlich in den oberen Zahlen, so dass man damit Helligkeitsverhältnisse, deren Quotient kleiner ist als n , nicht genau bestimmen kann.

Ferner haben diese Photometer (besser Aktinometer genannt) den Uebelstand, dass sie wegen der in der Regel gelblichen Färbung der Skala das Licht nicht nur schwächen, sondern auch in seiner Qualität verändern.

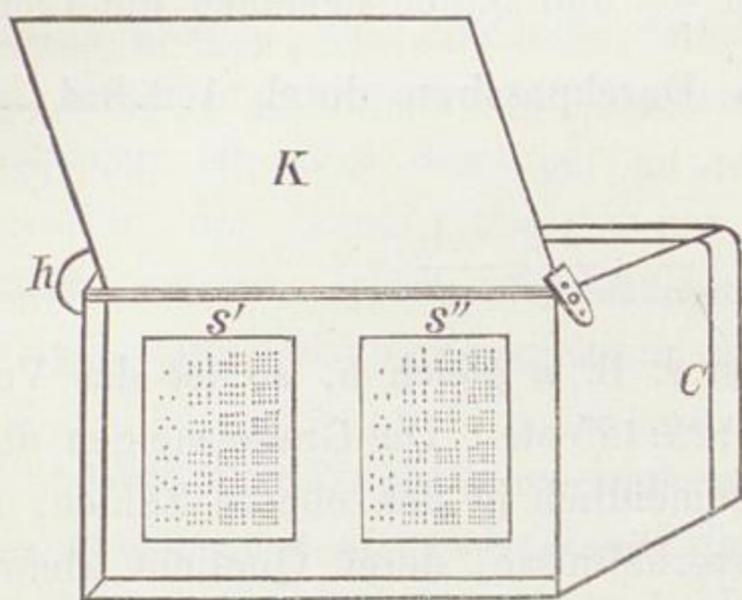
Ich stellte mir deshalb die Aufgabe, ein Aktinometer zu construiren, welches empfindlicher ist als das ROSCOE-BUNSEN'sche Photometer, im Princip der Construction meines älteren Photometers ähnelt, jedoch eine Skala besitzt, bei der die Helligkeitsgrade nicht im geometrischen, sondern im arithmetischen Verhältniss zunehmen und welche keine Veränderung der Qualität des Lichts durch Absorption bewirkt.

Solches wurde möglich einerseits durch Anwendung der sehr empfindlichen Gelatintrockenplatten, bei welchen selbst eine sehr kurze anfänglich unsichtbare Lichtwirkung durch nachherige „Entwicklung“ sichtbar gemacht wird, anderseits durch Anwendung einer Diaphragmenskala, wie sie A. TAYLOR bereits 1869 vorschlug*).

Diese Skala besteht aus einer dünnen Metallplatte, siehe (Figur 2) die auf einen Holzblock mit 24 cylindrischen, innen geschwärzten Röhren geschraubt ist. In diese Platte sind Löcher gebohrt in der Art, dass über dem ersten Rohr sich ein Loch befindet, über dem zweiten zwei, über dem dritten drei und so fort bis 24.

*) S. Photogr. Mittheil. V, 284.

Figur 2.



Steht ein solches Instrument einer breiten völlig gleichmässig erleuchteten Fläche gegenüber, so ist offenbar die Helligkeit am Grunde der Röhren proportional der Anzahl der Löcher. Das directe und gebeugte Licht summiren sich hierbei. Sind die

Röhren hinreichend lang, so dass die schief durch die Oeffnungen gehenden Strahlen nur einen kleinen Winkel mit den senkrecht durchgehenden bilden, so kann die Helligkeit an allen Punkten der Röhrenbasis als gleich angenommen werden*).

Die Röhren sind an ihrem unteren Ende durch eine zweite Blechplatte geschlossen, in der Nummern eingeschnitten sind, welche die Zahl der über der Röhre befindlichen Oeffnungen angeben. Hinter diese Nummerplatte kommt die lichtempfindliche Platte zu liegen. Zum Einlegen derselben ist die Hinterseite des Instruments *c* ähnlich einer photographischen Cassette construirt.

Die Vorderseite enthält eine Klappe *KA* die mit Handgriff *h* gedreht werden kann. Behufs Belichtung stelle ich das Instrument in genau 1 Meter Entfernung einem durch ein kleines Fenster mit Himmelslicht völlig gleichmässig erleuchteten Reissbrett gegenüber das mit einem Bogen photographischen „Rohpapiere“, (das weisseste Material, welches im Handel existirt und sehr gleichmässig geliefert wird) bespannt ist, und belichte durch Aufheben der Klappe. Dann wird die Platte nach einer der herkömmlichen photographischen Methoden entwickelt, und nach gründlicher Waschung unfixirt bei kräftigem Lampenlicht

*) Bei dem von mir konstruirten Instrument sind die 1 cm breiten Röhren 10 cm tief. Der grösste Winkel, den der senkrecht durchgehende Strahl mit den schief durchgehenden bilden ist $2^{\circ}50'$. Der Querschnitt der Oeffnung *Q* in der Richtung der letztgedachten Strahlen würde demnach $Q \cdot \cos 2^{\circ}50'$ sein; $\cos 2^{\circ}50'$ ist aber 0,9982, daher $0 \cos 2^{\circ}50'$ nahezu gleich *Q*.

vor dem man jedoch das beobachtende Auge zu schützen hat, betrachtet. Natürlich sind die hohen Zahlen am deutlichsten kennbar; nach den niederen Zahlen hin nimmt die Deutlichkeit ab; man erkennt aber leicht bei einiger Uebung die niedrigste noch eben sichtbare Nummer.

Belichtet man zwei Platten derselben Art zu verschiedenen Zeiten aber mit gleicher Expositionsdauer, so geben die niedrigsten erschienenen Zahlen das umgekehrte Verhältniss der beobachteten chemischen Lichtintensitäten an.

Bedingung für Anwendung dieses Instruments ist der Besitz einer Anzahl gleichmässig empfindlicher Platten. Die von ein- und denselben Posten „Gelatinemulsion“ gefertigten Platten können nun als gleichmässig gelten; dagegen ist es sehr schwer, verschiedene Posten Emulsion von völlig gleicher Empfindlichkeit herzustellen.

Um diese Fehler zu eliminiren, habe ich das Instrument mit Doppelskala konstruirt (s. Figur 2), so dass man darin gleichzeitig 2 Platten exponiren kann. Ist man im Begriff einen neuen Posten Platten zu benutzen, so exponirt man eine der neuen Platten neben einer der älteren und entwickeln beide gemeinschaftlich. Man erkennt dann aus den erschienenen Zahlen das Verhältniss der Empfindlichkeiten beider Plattensorten und ermöglicht dadurch die Vergleichbarkeit der mit beiden gewonnenen Resultate.

Als Normallichtquelle, auf welche alle Beobachtungen reducirt werden können, ist Magnesiumdrath verwendbar. Man verbrennt 1 gr desselben in 1 Meter Entfernung von dem oben genannten Schirm, während das offene Photometer dem letzteren zugekehrt ist und notirt die dadurch erschienene Zahl.

Dividirt man diese Zahl durch die Zahlen, welche sich bei Lichtstärkenbeobachtungen mit diesem Instrument ergeben, so erhält man diese Lichtstärken ausgedrückt in Grammen brennenden Magnesiums.

Nothwendig ist bei diesen Beobachtungen völlige Gleichmässigkeit in der Temperatur und Zusammensetzung des Entwicklers.

Vorliegendes Instrument wurde von Hrn. Stegemann, Oranienstrasse 151 Berlin in sehr exakter Weise angefertigt.

Hr. Dr. **Frölich** referirte über Untersuchungen über dynamoelektrische Maschinen, deren Resultate im Wesentlichen in der elektrotechnischen Zeitschrift, Februar- und Märzheft 1882, veröffentlicht sind.

No. 7.

Sitzung vom 28. April

1882.

Ausgegeben am 10. Mai.

Vorsitzender: Hr. RÖBER.

Hr. **Braun** weist einen Apparat vor zur Bestimmung der Entzündlichkeitstemperatur des Petroleums.

Hr. **Thiesen** trug vor:

Ueber den Einfluss der Erdrotation auf die Ablenkung der Geschosse.

Es ist seit langem bekannt, dass Geschosse eine seitliche Ablenkung von ihrer ursprünglichen Richtung resp. der Richtung der Geschützaxe zeigen, und auch dass diese Abweichung bei den heute gebräuchlichen Geschützen, welche durch ihre Züge dem Geschosse eine Rechts-Drehung ertheilen, nach rechts hin stattfindet. Die Ursache dieser Erscheinung wird in der vereinten Wirkung der Rotation des Geschosses und des Luftwiderstandes resp. der Luftreibung gefunden; eine von den früheren Annahmen abweichende Erklärung der Wirkungsweise dieser Ursachen ist neuerdings von KUMMER gegeben.

Hier soll eine andere Ursache der Abweichung erörtert werden, deren Gesetze im Gegensatze zu der oben erwähnten auch quantitativ leicht zu verfolgen sind: die Axendrehung der Erde. Führt man ein lokales, mit der Erde, welche als Rotationskörper vorausgesetzt wird, bewegliches, rechtwinkliges Coordinatensystem

ein, derart, dass h die Ordinate in der der Richtung des Lothes entgegengesetzten Richtung, s und o die Ordinaten in der Richtung nach Süden und nach Osten bezeichnen und deutet man die Differentiation nach der Zeit durch Indices an, so lassen sich leicht durch Transformation eines festen Coordinatensystems in das bewegliche die folgenden Gleichungen ableiten, welche den Gleichungen 11) in der neunten Vorlesung von KIRCHHOFF'S Mechanik entsprechen, und die scheinbare Bewegung eines frei sich bewegenden Punktes darstellen:

$$\begin{aligned} h'' &= H + 2\omega o' \cos \varphi, \\ s'' &= S + 2\omega o' \sin \varphi, \\ o'' &= O - 2\omega (h' \cos \varphi + s' \sin \varphi). \end{aligned}$$

H , S und O sind hier die Componenten derjenigen Kräfte, welche auf einen ruhenden Körper am Orte des betrachteten wirken und welche sich aus der Attraction der Erde und der sog. Centrifugalkraft zusammensetzen, φ bezeichnet die nördliche geographische Breite des Anfangspunktes der Coordinaten, ω die Winkelgeschwindigkeit der Erde.

Wir betrachten nun nur diejenigen Kräfte, welche von der Bewegung des Körpers unter dem Einflusse der Erdrotation abhängen und sehen die Grössen h' , s' , o' in den Ausdrücken dieser Kräfte als gegeben an. Zunächst ergibt sich dann aus den beiden letzten Gleichungen, wenn man von der Bewegung im verticalen Sinne absieht, eine den Körper bei jeder Bewegungsrichtung desselben in allen nördlichen Breiten nach rechts in südlichen Breiten nach links ablenkende Kraft von der Grösse $2\omega x' \sin \varphi$, wenn x' die horizontale Geschwindigkeit des Körpers bezeichnet. Als Grösse der Ablenkung selbst ergibt sich durch zweifache Integration nach der Zeit, wenn man in erster Annäherung x' als constant ansieht,

$$\omega \sin \varphi \cdot x t \quad \text{oder auch} \quad \omega \sin \varphi \frac{x^2}{x'},$$

wo x den durchlaufenen Weg, t die dazu nöthige Zeit bezeichnet. Da in der Breite von Berlin $\omega \sin \varphi = 0,000058$ ist, so würde z. B. bei einer Entfernung des Zieles von $x = 7000$ m und einer Dauer des Schusses von $t = 20$ sec die Ablenkung 8 m betragen.

Doch dürfte diese Annäherung in der Regel nicht ausreichen, ein viel grösserer Werth der Ablenkung ergibt sich, wenn man die Abnahme der Geschwindigkeit mit der Zeit, wie sie durch den Luftwiderstand bedingt ist, einführt, in dem strengen Ausdrucke

$$2\omega \sin \varphi \int_0^t x dt.$$

Ein populärer Beweis für die ablenkende Kraft bei horizontaler Bewegung ist vom Vortragenden in der Zeitschr. d. ö. Ges. f. Met. 1879 gegeben und dort auch auf die Wichtigkeit des Gesetzes für die Ballistik hingewiesen.

Das bisher unbeachtet gelassene Glied, welches die senkrechte Geschwindigkeit h' in der letzten Gleichung enthält, lässt sich in erster Annäherung dadurch berücksichtigen, dass man annimmt, die Bewegung im verticalen Sinne erfolge wie in dem luftleeren Raum. Man findet dann, wenn das Ziel in der Horizontalebene des Geschützes liegt, eine von der Richtung des Schusses unabhängige Ablenkung nach Westen, welche mit $\cos \varphi$ proportional, also am Aequator am grössten ist. Doch ist die Grösse dieser Ablenkung in den meisten Fällen wesentlich kleiner als die oben besprochene und muss bei Berücksichtigung des Luftwiderstandes noch kleiner werden.

Der experimentelle Nachweis der seitlichen Abweichung der Geschosse in Folge der Erdrotation würde einen neuen Beweis der Axendrehung der Erde analog den Beweisen durch BENZENBERG'S Fallversuche und FOUCAULT'S Pendel liefern. Man würde diese Ablenkung von den durch andere zufällig oder gesetzmässig wirkende Ursachen bedingten dadurch trennen und also den Beweis führen können, wenn dasselbe Geschütz in möglichst hohen nördlichen und südlichen Breiten angewandt würde. Der Vortragende glaubt, dass die Ausführung dieses Experimentes positive Resultate geben müsste.

Hr. **H. Hertz** trug vor:

Ueber die Härte der Körper.

Ein absolutes Maass für die Eigenschaft, welche wir Härte nennen, ist bisher nicht angegeben worden; man definirt dieselbe gewöhnlich als die Festigkeit, welche die Körper dem Eindringen von Spitzen entgegenstellen und begnügt sich, in derselben eine nur dem Mehr und Weniger nach angebbare Eigenschaft zu sehen. Bei den wenigen quantitativen Versuchen maass man sie durch das Gewicht, welches nöthig war, eine individuelle Spitze eines sehr harten Körpers in gegebener Zeit bis zu gegebener Tiefe in das zu untersuchende Material einzutreiben.

In einer Arbeit, die im XCII. Bande des Journals für reine und angewandte Mathematik gedruckt ist, hat der Vortragende die Spannungen berechnet, welche an der Berührungsstelle fester elastischer Körper auftreten. In die Klasse dieser Spannungen fallen auch diejenigen, welche unter Spitzen entstehen. Die Theorie zeigt nun, dass die Spannungen in solchen Druckstellen verschieden sind je nach der Gestalt der kleinen Ellipse, welche die Berührungsfläche bildet; dass also eine exacte Definition der Härte sich nicht gleichzeitig auf alle Arten von Berührungen und auf alle Spitzen beziehen kann. Dagegen zeigt sie, dass für eine und dieselbe Gestalt der Druckellipse und dasselbe Material die Vertheilung der Spannungen eine geometrisch ähnliche ist, welches nun auch die absolute Grösse der Druckfläche und des Gesamtdrucks, die Gestalt der sich berührenden Oberflächen und die Elasticitätsconstanten des zweiten Körpers sind. Eine exacte, mögliche — nicht die einzig mögliche, aber die nächstliegende — Definition für die Härte ist daher die folgende: Die Härte ist die Festigkeit, welche ein Körper denjenigen (bekannten) Spannungen entgensetzt, welche in ihm in der Nähe einer kreisförmigen Druckstelle auftreten. Eine Festigkeit können wir uns allgemein nur gemessen denken durch diejenigen Kräfte oder

Dilatationen, welche einen Körper eben bis zur Elasticitätsgrenze beanspruchen, diese Bestimmung passt gleichmässig auf spröde und auf plastische oder ductile Körper, da es ihr gleichgültig ist, ob die Ueberschreitung im Entstehen eines Sprunges oder in einer Annäherung an den zähflüssigen Zustand besteht. Dies zugegeben, wird man die folgende Maassbestimmung als eindeutig, im Einklang mit der vorigen Definition, und als passend auf alle Körper erfinden: Die Härte eines Körpers wird gemessen durch den Druck auf die Flächeneinheit, welcher im Mittelpunkt einer kreisförmigen Druckfläche herrschen muss, damit in einem Punkte des Körpers eben die Elasticitätsgrenze erreicht werde. Dies Maass hat den Vorzug, sich nicht auf eine individuelle Spitze zu beziehen; es ist ferner ein absolutes, da zur Bestimmung der Härte eines Materials die Berührung zweier Körper aus diesem Material dienen kann, ein härteres also gar nicht vorhanden zu sein braucht. Uebrigens kann die Ueberschreitung der Elasticitätsgrenze in verschiedenen Körpern an sehr verschiedenen Punkten beginnen und in verschiedener Weise in die Erscheinung treten, sie zeigt sich als ein kreisförmiger, sich kegelförmig in's Innere erweiternder Sprung um die Druckfläche bei spröden Körpern, als eine bleibende Einsenkung mit aufgewulstetem Rande bei plastischen. Unsere Maassbestimmung ordnet die Körper der Härte nach in derselben Reihenfolge wie die gewöhnliche Härteskala, insofern es mit einem nach derselben härteren Körper möglich ist, in einem weicheren eine Ueberschreitung der Elasticitätsgrenze zu veranlassen, ohne dass der erstere Schaden erlitte. Es wäre ungerecht, der Messungsart den Vorwurf zu machen, dass sie wohl angenähert aber nicht exact eine Anwendung gestatte auf die Berührung mit elliptischer Druckfläche, auf die Härte der Krystalle, auf die Spaltbarkeit, Feilbarkeit, etc. der Körper; die Natur des Gegenstandes bringt es mit sich, dass wir die Exactheit nicht erlangen können ohne ein Opfer an Allgemeinheit.

Die Erfahrung muss noch zeigen, wie weit diese Betrachtungen, die für vollkommen isotrope Körper gelten, sich auf die wirklichen Körper anwenden lassen, deren Homogeinität bekannt-

lich besonders in der Nähe der Oberfläche sehr unvollkommen ist. Rohe Versuche an Glas haben dem Vortragenden ziemlich verschiedene Werthe der Härte ergeben. Aus Versuchen, bei welchen harte Stahllinsen gegen ebene Spiegelglasplatten gedrückt wurden, ergab sich die Härte der letzteren zu etwa 140 kg/qmm, aus der Höhe, aus welcher eine Glaskugel gegen eine andere herabpendeln musste, um einen Sprung zu erzeugen, ergab sich die Härte zu 150—160, aus den Sprungfiguren in dünnen Glasstäben, die mit senkrecht gekreuzten Axen auf einander gepresst wurden, ergaben sich grössere Werthe, 180—200 kg/qmm.

Es wurde noch an einigen Beispielen die Anwendung gezeigt, welche man von der bekannten Härte eines Körpers machen kann.

Hr. **Christiani** sprach über:

Das **Ferdinand Rückert'sche** Verfahren der galvanoplastischen Conservirung organischer Körper unter Erhaltung der feineren Structurverhältnisse,

und zeigte verschiedene sehr gelungene Proben dieses Verfahrens*) vor (Blumen, Blätter, Schmetterlinge, Käfer, Krebs, Kaninchengehirn).

Die Metallisirung der natürlichen Objecte wird durch ein Bad von in Alkohol gelöstem Höllenstein und darauf folgende Expositionen in Schwefelwasserstoff und in Phosphordämpfen erreicht: Nachdem die vollständige Metallisirung erreicht ist, wird der Gegenstand nach den gewöhnlichen Vorschriften der Galvanoplastik behandelt.

Das Verfahren dürfte sich in gewissen Fällen namentlich auch reisenden Naturforschern nützlich erweisen.

*) Aus der Fabrik der Patentkäufer: Redlich und Ebel, Dresdenerstrasse 46, Berlin.

Hr. Landolt zeigte und erklärte einen neuen Polarisationsapparat.

Hr. Hagen trug vor:

Ueber die Messung von Quecksilber-Dampfspannungen bei niedrigen Temperaturen.

Von den Zahlen, welche REGNAULT in seiner berühmten Arbeit über die elastischen Kräfte gesättigter Dämpfe in Tabellen zusammengestellt angiebt und welche er für die verschiedenen Temperaturen mittels der BIOT'schen Dampfspannungsformel

$$\log p = a + b\alpha^t + c\beta^t$$

berechnet hat, weichen die für das Quecksilber*) mitgetheilten so beträchtlich von den durch Versuche bei niederen Temperaturen durch Messung gefundenen Werthen und letztere unter sich wieder so weit von einander ab, dass es mir wünschenswerth erschien, dieselben einer erneuten Bestimmung zu unterwerfen.

Als Beleg hierfür will ich einige der von REGNAULT durch Beobachtung gefundenen und seine für nahezu dieselben Temperaturen berechneten Werthe hier nebeneinandersetzen:

Temp.	beobachtete Spannung in mm			Temp.	berechnet
	Versuch I	II	III		
23,57	0,068			0°	0,0200
25,39	—	0,034		20°	0,0372
38,01	0,098	—		40°	0,0767
49,15	—	0,087			
72,74	—	0,183		70°	0,2410
100,11	—	0,407		100°	0,7455
100,60	0,555	—	0,56		

Wie man sieht, weichen z. B. bei 100° die beobachteten Zahlen von der berechneten in den Zehntel Millimetern schon um mehr als 3

*) Regnault, relation des expériences, II, 506-525. 1862.

respective 2 Einheiten ab, während die Zehntausendstel Mm. in der Tabelle noch angegeben sind, und man wird zugeben, dass der Luxus von 4 Decimalstellen dann doch ungerechtfertigt erscheinen muss, um so mehr, als man dadurch verleitet wird, den Zahlenangaben ein Zutrauen beizumessen, welches sie nicht für sich in Anspruch nehmen dürfen. REGNAULT hat der Berechnung der Constanten seiner Curve fünf Werthe von p zu Grunde gelegt, welche bei gleichen Temperaturintervallen gewählt wurden und die er durch graphische Interpolation seiner Versuchsergebnisse erhielt. Drei dieser Werthe, nämlich die für 512° , 384° , 256° fand er dadurch, dass er die Siedetemperatur bei bestimmten, auf der Quecksilberoberfläche in geschlossenem Gefäss lastenden Luftdrücken ermittelte. Die beiden noch übrig bleibenden Werthe für 0° und 128° fand er durch Messung des Niveauunterschiedes der Kuppen zweier in gemeinsamer Wanne stehenden Quecksilberbarometer, deren obere Enden auf derselben Temperatur t gehalten wurden, so dass in ihren Vacuumkammern der gleiche, eben dieser Temperatur t entsprechende Quecksilber-Dampfdruck sich hätte bilden müssen, wenn nicht die Kammer des einen Barometerrohres mit einer theilweise mit Quecksilber gefüllten Kugel verbunden gewesen wäre, welche constant auf der Temperatur 0° gehalten wurde. Es konnte demgemäss im letzteren Barometerrohr nur derjenige Quecksilberdampfdruck bestehen bleiben, welcher dem Sättigungsdrucke der Temperatur an der kältesten Stelle d. h. hier 0° entsprach, während oberhalb der Quecksilberkuppe im andern Barometer die der betreffenden Temperatur t entsprechende Dampfspannung herrschen musste. In Rechnung musste dabei der Druck der Luft gezogen werden, welche beim Evacuiren in dem mit der erwähnten Glaskugel versehenen Barometerrohr zurückgelassen war. Diese Luftspannung schätzt REGNAULT in einem Falle auf 0,1 mm, und giebt sie bei einer andern Füllung des Apparates zu 4,22 mm an. Diese Druckmessung der noch zurückgelassenen Luft ist jedoch offenbar nur sehr ungenau bestimmt und wohl gerade hieraus erklären sich hauptsächlich die so sehr von einander abweichenden Resultate von REGNAULT'S verschiedenen Beobachtungsreihen.

Zu meinen eigenen Versuchen benutzte ich zwei verschiedene Apparate, welche mittels der von mir abgeänderten TOEPLER'schen Luftpumpe evacuirt und in passender Weise mit Quecksilber gefüllt waren. Der eine dieser Apparate bestand im Wesentlichen aus einem M-förmigen Glasrohr, dessen mittlere beiden Schenkel bis zur halben Höhe mit Quecksilber gefüllt waren, während der ganze übrige Theil des Apparates leer respective mit Luft von $\frac{1}{63}$ Milliontel Atmosphärendruck ($= 0,000012$ mm) gefüllt war. Der eine der beiden äusseren Schenkel des Rohres ward constant auf 0° gehalten, der andere mit Kältemischung (Schnee und Kochsalz, respective Aether und fester Kohlensäure) gekühlt, während die in den beiden mittleren Schenkeln stehenden Quecksilbersäulen auf Zimmertemperatur gehalten wurden. Die Versuche ergaben, dass man für den Gefrierpunkt des Quecksilbers dessen Dampfspannung gleich 0 setzen darf, denn es zeigte sich, nachdem man den einen Schenkel auf -80° abgekühlt und die Niveaudifferenz der beiden Quecksilberkuppen in den beiden mittleren Schenkeln des M-förmigen Rohres gemessen hatte, auch nicht die mindeste Aenderung dieser Niveaudifferenz, als man den einen Schenkel sich bis -40° erwärmen liess. Aus Mittel aus mehreren Versuchen ergab sich auf diese Weise für 0° als Quecksilberdampfspannung $0,015$ mm.

Die Tensionen für höhere Temperaturen wurden vermittels eines dem REGNAULT'schen ähnlichen Verfahrens an einem zweiten Apparate bestimmt. Dieser letztere hatte ungefähr die Gestalt eines N, dessen 2 rechts gelegene Schenkel gleichfalls bis zur halben Höhe mit Quecksilber gefüllt waren und ganz in einem Thermostaten erhitzt werden konnten, während der links gelegene, abwärts gehende, dritte Schenkel stets auf 0° gehalten wurde. Auch hier war die Luft so weit als thunlich evacuirt. Aus Beobachtungen, die in der Nähe von 50° , 100° , 150° , 200° angestellt waren, wurden mittels der Methode der kleinsten Quadrate die Werthe für diese eben erwähnten Temperaturen berechnet, um sie zur Ermittlung der 5 Constanten der Biot'schen Dampfspannungsformel

$$\log p = a + b\alpha^t + c\beta^t$$

zu verwenden. Es ergaben sich folgende Werthe derselben:

$$\begin{aligned} a &= 0,55542 - 3 \\ b &= -0,11242 \\ c &= +0,73309 \\ \log \alpha &= 0,008233 \\ \log \beta &= 0,005354 \end{aligned}$$

und mit Hülfe dieser folgende Tabelle der Quecksilber-Dampfspannungen:

Temp.	Dampfspannung: mm	desgl. nach Regnault:
0	0,015	0,0200
10	0,018	0,0268
20	0,021	0,0372
30	0,026	0,0530
40	0,033	0,0767
50	0,042	0,1120
60	0,055	0,1643
70	0,074	0,2410
80	0,102	0,3528
90	0,144	0,5142
100	0,21	0,7455

Diese Zahlen weichen von den REGNAULT'schen sehr beträchtlich ab. Oberhalb 100° werden in Folge der dann schon beträchtlicher eintretenden Destillation die Versuche jedenfalls fehlerhaft und auch für die niedrigen Temperaturen wird man die von mir angegebenen Dampfspannungen nicht als völlig sicher etwa ansehen können, da die Messung so kleiner Grössen durch gekrümmte Röhren hindurch immer nur mit relativ grossen Fehlern ausführbar sein wird. Jedenfalls aber glaube ich das verbürgen zu können, dass den Quecksilberdämpfen bei niedrigen Temperaturen sehr geringe und zwar beträchtlich kleinere Werthe zukommen, als sie von REGNAULT angegeben sind und dass man wenig von der Wahrheit wird entfernt sein, wenn man die von mir angegebenen Zahlen benutzt.

Ich erwähne noch, dass das verwendete Quecksilber sowohl

durch mehrfaches Behandeln mit Säure als auch durch wiederholte Destillation gereinigt war.

No. 10.

Sitzung vom 9. Juni

1882.

Ausgegeben am 21. Juni.

Vorsitzender: Hr. RÖBER.

Hr. Neesen trug vor:

Ueber die specifische Wärme des Wassers.

Die Abhängigkeit der specifischen Wärme der verschiedenen Substanzen von der Temperatur ist ein Punkt, über welchen wir noch sehr grosser Aufklärung bedürfen. Die bequemste Methode, diese Abhängigkeit zu ermitteln, ist unstreitig die Bestimmung der specifischen Wärme nach der Abkühlungsmethode. Jedoch giebt diese Methode bisher nur ungenaue Resultate, weil der sich abkühlende Körper nicht durchweg dieselbe Temperatur besitzt. Diese Fehlerquelle habe ich dadurch zu vermeiden, jedenfalls in hohem Grade zu verringern gesucht, dass ich eine Vorrichtung traf, die Theile der sich abkühlenden Substanz durcheinander zu rühren ohne Lagenänderung der sich Wärme austauschenden Flächen. Einen hierauf bezüglichen Apparat beschrieb ich im Jahre 1880 auf der Naturforscher-Versammlung in Danzig und theilte dort auch einige Versuche mit demselben mit.

Um mit Versuchen dieser Art die Abhängigkeit der specifischen Wärme von der Temperatur ermitteln zu können, muss man die genaue Kenntniss dieser Abhängigkeit für irgend eine Normalsubstanz besitzen. Als diese Normalsubstanz empfiehlt sich vor Allem das Wasser. In Bezug auf diese Substanz stimmen aber die verschiedenen Angaben sehr wenig. Während REGNAULT und Andere nach ihm für die specifische Wärme eine geringe Zunahme mit der Temperatur, PFAUNDLER und PLATTER ein Schwanken für niedrige Temperaturen constatirten, schloss ROWLAND*) aus eigenen Versuchen und solchen von VON MÜNCHHAUSEN, dass die specifische Wärme bezogen auf das Luftthermometer etwa

*) Proc. Amer. Soc. N. Ser. VII, 76.

bis 30° abnimmt. Es ergab sich daher für mich zunächst die Aufgabe, die Abhängigkeit der specifischen Wärme von der Temperatur für das Wasser auf's Neue zu ermitteln.

Ich wählte hierzu die Bestimmung mit dem Eis calorimeter, weil bei dieser allein die abgegebenen Wärmemengen durch eine von der Temperatur unabhängige Grösse gemessen wird. Ich wandte das Eis calorimeter von BUNSEN an.

Die Versuche wurden leider durch den frühzeitigen Eintritt der warmen Witterung unterbrochen, so dass ich die gezogenen Resultate gewissermaassen nur als allgemeine Orientirungsergebnisse ansehe. Die Detailausführung denke ich in kommendem Winter vorzunehmen.

Das Eis calorimeter wurde nach der SCHULLER und WARTHA'schen Methode angewandt, die Erwärmung der mit dem zu untersuchenden destillirten Wasser gefüllten Kapseln geschah nach dem D'ARSONVAL'schen Verfahren.

Von meinen Erfahrungen mit dem Eis calorimeter selbst habe ich in der Litteratur folgende bisher nicht erwähnt gefunden. Der um die innere Calorimeterröhre zu bildende Eiscylinder hat bei seiner Entstehung eine Temperatur geringer wie 0° , mag man ihn nun durch Kältemischung oder durch Verdunstung von Alkohol bilden. Sehr langsam gelangt das Eis auf 0° ; macht man nun einen Versuch zu einer Zeit, wo noch nicht das ganze Eis die Temperatur 0° angenommen hat, so wird ein Theil der zugeführten Wärme benutzt, um das Eis auf 0° zu erwärmen. Daher fallen die bei den ersten Versuchen beobachteten Volumänderungen zu klein aus. Auffallend erscheint zunächst, dass dennoch eine Volumverringernng in dem Momente der Einfüllung der calorimetrischen Substanz eintritt. Dieser Umstand erklärt sich aber leicht, wenn man bedenkt, dass der Eiscylinder an der inneren Calorimeterröhre anliegenden Wand jedenfalls die Temperatur 0° , dann aber an allen gleich weit von der Wand abliegenden Stellen nicht die gleiche Temperatur zu haben braucht. Ich beobachtete, auch wenn der erste Versuch mehrere Stunden nach Bildung des Eiscylinders gemacht wurde, dass diese ersten Versuche zu wenig gaben. Es ist daher vortheilhaft, nach Bildung des Eiscylinders

einige Male Abschmelzungen vorzunehmen, ehe man mit den Versuchen beginnt. Störend ist bei der Messung, wie bekannt, die freiwillige Vorwärtsbewegung des Quecksilberfadens. Dieselbe wird in der Capillarröhre ja zum Theil durch die Aenderung der Schmelztemperatur des Wassers mit Aenderung des Druckes hervorgerufen. Das Wasser im Calorimeter steht unter einem höheren Drucke als das umgebende Wasser und daher muss entsprechend einer Abschmelzung ein Zurückgehen des Fadens erfolgen. Es können aber auch andere Ursachen mitspielen, welche bedeutend wichtiger sind. BUNSEN selbst hat ja schon auf den Einfluss kleiner Unreinigkeiten in dem umgebenden Schnee hingewiesen. Dieser Einfluss wird vermieden mit der SCHULLER und WARTHA'schen Anordnung der Einsenkung des Calorimeters in destillirtes Wasser, aber auch nicht immer. Ich hatte zuerst das destillirte Wasser in ein Zinkblechgefäß eingefüllt. Mehrere Tage hindurch war dann die freiwillige Aenderung des Fadens klein im Sinne der Abschmelzung durch den erhöhten Druck. Dann wurde diese Bewegung kleiner, schlug in ihr Gegentheil um und wurde sehr gross in der entgegengesetzten Richtung. Beim Auseinandernehmen des Apparates zeigte sich im destillirten Wasser in dem Zinkgefäß auf dem Boden rothbrauner Schmutz, ferner war in dem Eiscalorimeter eine neue Eisbildung erfolgt und zwar aus dem Quecksilber in demselben heraus. Der Vorgang erklärt sich also dadurch, dass das Wasser aus dem Zinkblech Eisenoxyd bildete, dass durch die Beimengung dieses die Schmelztemperatur erniedrigt wurde, daher das den unteren Theil des Calorimeters umgebende Wasser kälter wie 0° war und zu der neuen Eisbildung Anlass gab. Hervorzuheben ist allerdings, dass trotzdem das destillirte Wasser ursprünglich nur 0° hatte und der in diesem gebildete Eiscylinder aus reinem Eis bestand und weiter die umgebenden Eisstücke nicht wesentlich von 0° differirten, das destillirte Wasser bei der Bildung mit Eisenoxyd und Vermischung mit demselben kälter wie 0° wurde. Es half auch nicht viel als das Zinkgefäß mit einem Oelanstrich versehen wurde; auch hier erschien nach einiger Zeit die Vorwärtsbewegung des Fadens.

Es wurde daher das destillirte Wasser zur Umgebung des Eiscalorimeters in ein Glasgefäss gefüllt, was den gewünschten Erfolg hatte, dass die unregelmässige freiwillige Vorwärtsbewegung des Fadens aufhörte. Das Zurückziehen des Fadens ging bei der letzten Anordnung im Allgemeinen annähernd stets in demselben Betrage vor sich; bisweilen traten Aenderungen in der Grösse der Aenderung ein, welche auf einem Zuströmen von äusserer Luft beruhen mochten.

Für die Kapseln, welche das calorimetrische Wasser aufnehmen sollen, empfiehlt sich von vornherein Platin wegen seiner geringen specifischen Wärme, abgesehen von seiner Indifferenz gegen Wasser. Indessen ist bei Platin die Löthung nach Einfüllen des Wassers sehr schwierig. Kommt man mit dem Löthkolben in die Nähe, so fängt das Wasser sofort an zu sieden und hindert einen ganz dichten Verschluss. Diese Erfahrung habe ich nicht allein gemacht; die Hrn. SY und WAGNER liessen mir mit liebenswürdiger Bereitwilligkeit die Platincylinder herstellen und nach der von mir bewirkten Füllung durch eine capillare Oeffnung letztere verlöthen. Aber auch in diesen gewiss geübten Händen misslang die vollständige Löthung. Ich habe nur eine einzige Kapsel erhalten, welche vollständig dicht hielt. Die anderen nahmen alle im Verlaufe der mit ihnen angestellten Versuche an Gewicht etwas ab, der eine mehr, der andere weniger. Ein Beweis für das Dichthalten ist es übrigens nicht, wenn die Platinkapsel nach der Löthung gewogen, dann stark erhitzt und dann wieder gewogen, beide Male dasselbe Gewicht zeigte. Denn auch Kapseln, welche diese Probe aushielten, zeigten im Verlaufe der Zeit Abnahmen in dem Gewicht. Bei den Kapseln, welche geringe Leckage zeigten, half ich mir durch regelmässige Controlwägungen bei den einzelnen calorimetrischen Bestimmungen.

Die zur Ermittlung des Wärmewerthes des benutzten Platin angestellten Versuche scheinen eine ziemlich beträchtliche Zunahme der specifischen Wärme des Platins mit der Temperatur zu ergeben. Für Glas zeigte sich solches nicht.

Die Versuche für das destillirte Wasser erstrecken sich von

1,6° bis 30°. Dieselben wurden, da mir für genau dieselben Temperaturen nicht die hinreichende Anzahl von Versuchen zur Ermittlung eines Mittelwerthes zu Gebote standen, in der Weise näher untersucht, dass sie auf Coordinatenpapier aufgetragen wurden und darauf die Curve durchgelegt wurde, welche sich denselben anschliesst unter Voraussetzung, dass diese darstellende Curve einen stetigen nicht pendelnden Verlauf hat. Wenn sie einen pendelnden Verlauf hätte, so müssten diese Pendelungen nach den experimentellen Resultaten sehr klein sein. Aus den so gezeichneten Curven a) für Temperaturen nach dem Quecksilberthermometer, b) für Luftthermometerangaben wurden die den Temperaturen 2°, 3° etc. entsprechenden Werthe heraus gewählt.

Aus diesen Werthen ergibt sich das Resultat, dass für die beiden Arten von Temperaturbestimmungen die mittlere specifische Wärme zuerst zunimmt und dann entschieden abnimmt. Die Tabelle giebt den Verlauf derselben:

Temperaturen nach Quecksilberthermometer		Temperaturen nach Luftthermometer	
2°	6,88	2°	7,0
3	7,33	3	7,33
4	7,37	4	7,42
5	7,50	5	7,50
6	7,58	6	7,61
7	7,71	7	7,71
8	7,81	8	7,81
9	7,83	9	7,83
10	7,84	10	7,85
11	7,83	11	7,89
12	7,87	12	7,89
13	7,86	13	7,89
14	7,86	14	7,89
15	7,83	15	7,90
16	7,81	16	7,91
17	7,81	17	7,91
18	7,86	18	7,92
19	7,83	19	7,94

Temperaturen nach Quecksilberthermometer		Temperaturen nach Luftthermometer	
20°	7,86	20°	7,96
21	7,83	21	7,96
22	7,82	22	7,94
23	7,81	23	7,93
24	7,81	24	7,92
25	7,80	25	7,91
26	7,82	26	7,91
27	7,81	27	7,89
28	7,80	28	7,89
29	7,77	29	7,88
30	7,78	30	7,88.

Die Werthe für die mittlere specifische Wärme sind gegeben in den durch die von 6,8548 gr H₂O abgegebenen Wärmemengen bewirkten Volumverringernngen in cmm, herrührend vom Abschmelzen des Eiscylinders. Die Differenzen zwischen den bei den einzelnen Temperaturgraden bewirkten Abschmelzungen schwanken allerdings, aber von 2° bis 21° so um einen constanten Mittelwerth und ebenso von 21° bis 30°, dass für die Angaben nach dem Luftthermometer die Volumverringernngen dv in cmm dargestellt werden können durch die Formeln

$$\begin{aligned} \text{von } 2^{\circ}-21^{\circ} : dv &= 14 + (1-2)8,063, \\ 21^{\circ}-30^{\circ} : dv &= 166,8 + (1-21)7,73. \end{aligned}$$

Zwischen 20° und 23° scheint ein eigenthümliches Verhalten zu sein, weil hier die Versuche eine Stockung in der Vergrößerung der Abschmelzung bei erhöhter Temperatur zeigen.

Aus den gefundenen Werthen folgen qualitativ dieselben Resultate, welche ROWLAND aus Versuchen nach der Mischungsmethode abgeleitet hat. Es ergibt sich:

Verhältniss der specifischen Wärme zwischen	Rowland	Neesen
$\frac{0^{\circ}-18^{\circ}}{18^{\circ}-27^{\circ}}$	1,0025	1,0099
$\frac{0^{\circ}-17^{\circ}}{17^{\circ}-29^{\circ}}$	1,0024	1,0079

Verhältniss der specifischen Wärme zwischen	Rowland	Neesen
$\frac{0^{\circ}-18^{\circ}}{18^{\circ}-30^{\circ}}$	1,0067	1,0111
$\frac{0^{\circ}-17^{\circ}}{17^{\circ}-25^{\circ}}$	1,0027	1,0001
	u. 0,99971	
$\frac{0^{\circ}-16^{\circ}}{16^{\circ}-27^{\circ}}$	1,0010	0,9959
$\frac{20^{\circ}-24^{\circ}}{24^{\circ}-29^{\circ}}$	9,9983	0,9794
$\frac{0^{\circ}-21^{\circ}}{21^{\circ}-28^{\circ}}$	1,0045	1,0358

Quantitativ sind allerdings bedeutende Unterschiede vorhanden. Eine Vergleichung der nach den angeführten Formeln berechneten Werthe und der direct beobachteten ergab für die grosse Mehrzahl eine hinreichende Uebereinstimmung.

Die Abweichungen sind in sofern regelmässig, als sie auf längere Strecken bald die beobachteten Werthe constant grösser erscheinen lassen, bald die berechneten. Wenn dieses auch durch die nähere Untersuchung bestätigt würde, so machte die specifische Wärme Pendelungen um eine Gerade.

Um das Verhältniss der von den Kapselgefässen und das von dem in den Kapseln enthaltenen Wasser bewirkten Volumänderungen zu charakterisiren, sei noch erwähnt, dass

für eine Temperatur von $30,18^{\circ}$ das Wasser eine Volumänderung von 193,39 cmm, das Platin der Kapsel eine solche von 3,71 cmm herbeiführte;

für $t = 31,85^{\circ}$ vom Wasser ebenso 252,78 cmm, vom Glase der Kapsel 20,12 cmm herrührten.

Hr. **Hertz** machte folgende Mittheilung:

Ueber die Spannung des gesättigten Quecksilberdampfes.

Für eine anderweitige Untersuchung bedurfte ich der genauen Werthe der Spannung des gesättigten Quecksilberdampfes zwischen 80° und 200° , ich benutzte anfangs die Angaben REG-

NAULT's, aber Hr. HAGEN machte mich darauf aufmerksam, dass dieselben in dem genannten Intervall wahrscheinlich mit sehr grossen Fehlern behaftet seien und stellte mir seine eigenen Beobachtungen (siehe Bericht voriger Sitzung) freundlichst zur Verfügung. Ich zog indess vor, eine eigene Bestimmung auszuführen, da er mich gleichzeitig darauf aufmerksam machte, dass seine Bestimmungen in Folge der Verdunstung bei höheren Temperaturen wohl etwas zu klein möchten ausgefallen sein, und weil mir schien, dass der hieraus resultirende Vorwurf auch die Beobachtungen bei niedrigen Temperaturen treffen könnte. Findet nämlich in dem theilweise abgekühlten Schenkel seines Manometers Verdunstung statt (und solche fand wohl immer statt), so kann der Druck auf das Quecksilber dieses Schenkels wegen des Rückstosses nie Null sein, selbst dann nicht, wenn der Druck des Dampfes in sich etwa Null wäre; wie gross aber der Druck ist, kann nach bisherigen Erfahrungen nicht gut geschätzt werden, und er geht voll als Fehler in die HAGEN'schen Bestimmungen ein, derart dass dieselben um ihn zu klein erscheinen.

Ich bediente mich zweier Methoden, bei der ersten benutzte ich ein *U*-förmiges Manometerrohr; der Raum über dem Quecksilber beider Schenkel war völlig luftleer, der eine Schenkel wurde durch ein ihn umgebendes dickes Metallgehäuse erhitzt, in ihn war von oben her ein Glasrohr eingeschmolzen, in welchem, in Mitten des Quecksilbers das Thermometer hing. Durch Calibrirung und Rechnung wurde die Temperatur auf das Luftthermometer bezogen. Die Correctionen des Drucks wegen Ausdehnung des Quecksilbers wurden theoretisch und experimentell bestimmt, da sie aber sehr gross waren (2—3 mm), so waren die Bestimmungen unter 150° relativ unsicher und sind daher aus der Rechnung fortgeblieben, sie lagen zwischen den REGNAULT'schen und denjenigen Werthen, welche weiter unten als die richtigen angegeben sind. Für die Rechnung sind folgende Werthe benutzt, welche Mittel aus je 6—10 nahegelegenen Einzelbeobachtungen sind:

165,8° 5,52 mm; 184,7° 11,04 mm; 206,9° 22,58 mm.

Bei der zweiten Methode benutzte ich zwei Manometer,

deren offene Schenkel communicirten, und deren eines im Wasserbade auf Zimmertemperatur erhalten, das andere im Wasser-, respective Paraffinbade erhitzt wurde. Das Communicationsrohr aber war nicht luftleer, sondern enthielt soviel Luft (bei verschiedenen Versuchen verschieden, 10—20 mm), dass jede Verdunstung, ausser durch Diffusion, vermieden war. Die Differenz der Manometerstände, alles reducirt auf Quecksilber von 0° gab den Druck, die Temperatur wurde durch ein sehr gutes Thermometer bestimmt, welches ich direct mit einem JOLLY'schen Luftthermometer verglich. Das Resultat war dieses: Bis 60° konnte ich keinen Druck wahrnehmen, der ausserhalb des mittleren Fehlers einer Einzelbeobachtung (0,02 mm) lag, bei 60° erhielt ich etwa 0,03, bei 70° 0,05, bei 80° 0,09 mm Druck, von hier ab wurden die Fehler klein gegen die ganzen Werthe, von 110° an kam fast der ganze Fehler auf die Temperaturbestimmung. Ich fasste dann Gruppen von etwa 10 Einzelbeobachtungen zusammen, und erhielt so die folgenden Angaben, welche in die Rechnung eingeführt wurden:

$t =$	89,4	117,0	154,2	177,4	190,4	203,0
$p =$	0,156	0,714	3,49	8,20	12,89	20,35

Diese Werthe stimmen hinreichend mit den nach der ersten Methode gefundenen. Zur Berechnung habe ich mich der folgenden Formel bedient, deren Form richtig sein muss, soweit der gesättigte Dampf einer Flüssigkeit dem GAY-LUSSAC-MARIOTTE'schen Gesetze gehorcht. Unter dieser Voraussetzung ist die innere latente Wärme des Dampfes $q = q_0 - (s - c)T$, wo T die absolute Temperatur, s die specifische Wärme der Flüssigkeit, c dieselbe des Dampfes bei constantem Volum bezeichnet. Andererseits hat man nach der mechanischen Wärmetheorie und in deren Bezeichnung

$$q = Au \left(T \frac{dp}{dT} - p \right),$$

und nach unserer Voraussetzung

$$u = \frac{RT}{p},$$

wo R die gewöhnlich so bezeichnete Constante ist. Die drei

Gleichungen vereinigen sich zu einer Differentialgleichung für die Curve der Dampfspannung, deren Integral dieses ist:

$$p = k_1 T^{1 - \frac{s-c}{AR}} e^{-\frac{k_2}{T}}.$$

Für Quecksilber ist s ungefähr bekannt und habe ich dasselbe gleich 0,0354 angenommen, c lässt sich berechnen, da nach KUNDT und WARBURG das Verhältniss der specifischen Wärmen gleich $\frac{5}{3}$ ist, also ist der Exponent von T bekannt und wird gleich $-1,082$ gefunden. Uebrigens kommt auf den genauen Werth desselben wenig an. Die zwei übrigen Constanten müssen aus zwei Beobachtungen bestimmt werden; indem ich diejenige bei 206° der ersten Reihe und diejenige bei 154° der zweiten Reihe nahm, erhielt ich eine Curve, die schon sämtliche Beobachtungen hinreichend wiedergab. Durch eine Ausgleichsrechnung wurden dann noch kleine Aenderungen an den Constanten vorgenommen, wodurch die mittlere Abweichung der Beobachtungen von der Rechnung auf $0,6^\circ$ in den Temperaturen zurückgeführt wurde. Es ergab sich dabei

$$\log k_1 = 11,29379, \quad \log k_2 = 3,89070.$$

Aus der Formel sind dann die folgenden Werthe berechnet:

$t = -273^\circ,$	0°	20°	40°	60°	80°	100°
$p = 0,$	$0,0002,$	$0,0013,$	$0,0064,$	$0,026,$	$0,094,$	$0,287$
$t = 120^\circ$	140°	160°	180°	200°	220°	
$p = 0,785$	$1,94$	$4,39$	$9,23$	$18,26$	$33,90$	

Die innere latente Wärme des Quecksilberdampfes ergibt die Formel zu $\varrho = 76,94 - 0,0206 T$. Von besonderem Interesse ist der ausserordentlich kleine Druck, welchen die Formel für gewöhnliche Lufttemperatur giebt; erkennt man der Formel Berechtigung zu, so wird man in der Kleinheit desselben den wahren Grund sehen, aus welchem der Quecksilberdampf die elektrischen Entladungserscheinungen so wenig beeinflusst.

Der Vortragende knüpfte hieran Bemerkungen über den Grad, bis zu welchem die Evacuation der Luft mit der TÖPLER-HAGEN'schen Pumpe getrieben werden kann, sowie über die Anwendung obiger Formel auf andere Flüssigkeiten, insbesondere

auf die Dampfspannung über Wasser und über Eis, erwähnte auch dass dieselbe schon von Hrn. KOLACEK verwendet wurde, um die Spannungen des vom Sättigungszustande entfernten Wasserdampfes über Salzlösungen darzustellen. In diesem Falle ist die theoretische Berechtigung der Formel grösser als in dem obigen, aber die Erfahrung zeigt, dass sie sich auch zur Darstellung des Drucks gesättigter Dämpfe auf ihre Flüssigkeiten bei kleinen Drucken vorzüglich eignet.

Hr. **Hagen** bemerkte zu diesem Vortrage Folgendes:

Gegen die von mir zur Bestimmung der Spannkraft des Quecksilberdampfes angewendete Methode hat Hr. HERTZ den Einwand erhoben, dass in Folge der Verdunstung von Quecksilber in einem Schenkel des U-förmigen Rohres die Versuchsergebnisse nothwendiger Weise fehlerhaft und zwar kleiner ausfallen müssten, als sie in Wirklichkeit seien. Diesen Einwurf halte ich für hohe Temperaturen jedenfalls für zutreffend, wie ich das auch bereits in der vorigen Sitzung besonders hervorgehoben habe, für niedere Temperaturen hingegen halte ich meine Methode für durchaus anwendbar und richtig und zwar so lange, als die Verdunstung eine beträchtlichere Grösse nicht erreicht, was erst bei etwa 100° beginnt.

Zudem trifft der oben erwähnte Einwurf für die von mir mitgetheilten Zahlen insofern nicht zu, als sie dann kleiner hätten sein müssen als die von Hrn. HERTZ mittels seiner Formel aus seinen Versuchen berechneten und als richtig angenommenen, während bei sämtlichen Werthen von 80° abwärts gerade das Umgekehrte der Fall ist. Uebrigens war es a priori nicht klar, dass meine Versuche für höhere Temperaturen zu unrichtigen Werthen führen mussten, vielmehr erst dadurch, dass sie zu Resultaten führten, welche von den durch REGNAULT nach einer ganz anderen Methode erhaltenen in einer unmöglichen Weise (Grössen bis zu 2 mm für 150°) differirten, ging die Unzulässigkeit der von mir verwendeten Methode für Temperaturen über 100° hervor. Aus diesem Grunde habe ich die für 150° und 200° er-

mittelten Werthe auch nicht etwa dazu benutzt, um mittels dieser und der für Temperaturen unter 100° bestimmten die Quecksilberdampfspannungen für das ganze Temperaturintervall bis 200° hinauf zu berechnen, sondern sie waren nur in sofern für meine Versuche von Werth, als sie die Art der Krümmung der Curve unter 100° kennen zu lehren geeignet waren.

Der Zweck meiner Untersuchung war eben, nicht die Spannkkräfte der Quecksilberdämpfe überhaupt, sondern sie nur für niedere Temperaturen zu bestimmen, da mir die REGNAULT'schen Angaben für diese letzteren aus mehrfachen Gründen unrichtig erschienen, zumal dieselben jeder genaueren experimentellen Grundlage entbehren.

Ich glaube in der That meine in der vorigen Sitzung mitgetheilten Versuchsergebnisse, zumal sie durch die Resultate von Hrn. HERTZ bis zu gewissem Grade wenigstens eine werthvolle Stütze erhalten haben, als ziemlich sicher ansehen zu können, jedenfalls für beträchtlich sicherer als die durchaus unrichtigen Zahlenangaben REGNAULT's, welche kritiklos in alle unsere physikalischen Lehrbücher übergegangen und in einer Weise mitgetheilt sind, dass man veranlasst wird, denselben ein Zutrauen zu schenken, welches sie nicht verdienen. Dieses zeigten meine Versuche, und wenn nun Hr. HERTZ mittels der in seinem Vortrage auseinandergesetzten Formel zu noch beträchtlich geringeren Dampfspannungen gelangte, als aus meiner Tabelle hervorgehen, so ist der hieraus erwachsende Conflict nur durch neue Versuche zu entscheiden. Sollten meine Zahlen unrichtig sein, so liegt meiner Ansicht nach der Fehler nicht in der Methode, sondern in der sehr erheblichen Schwierigkeit, so kleine Grössen, wie sie durch die Spannkkräfte des Quecksilbers bei niederen Temperaturen bedingt werden, überhaupt zu messen, eine Schwierigkeit, welche noch dadurch ausserordentlich erschwert wird dass sie durch die Wandung gekrümmter Glasröhren hindurch erfolgen muss.

Meiner Meinung nach haben alle Zahlenangaben physikalischer Constanten, die vermittels Formeln für Punkte berechnet sind, welche ausserhalb des Intervalles liegen, für das die Ver-

suche angestellt sind, immer etwas sehr Missliches und das ist bei den REGNAULT'schen und auch bei den durch Hrn. HERTZ berechneten der Fall, wenngleich seine Formel die von ihm beobachteten Werthe vortrefflich darstellt.

Jedenfalls haben meine Zahlenangaben den Vorzug vor anderen voraus, dass sie directe Ergebnisse des Versuchs und frei von jeder theoretischen Voraussetzung sind. Es ist Sache der Neigung, ob man für praktische Fragen sich mehr auf die Ergebnisse der Theorie oder auf die von Versuchen verlassen will.

No. 11.

Sitzung vom 23. Juni

1882.

Ausgegeben am 5. Juli.

Vorsitzender: Hr. DU BOIS-REYMOND.

Hr. Neesen zeigte und erklärte eine neue Form der TÖPLER'schen Quecksilberluftpumpe. Dieselbe unterscheidet sich von der zuletzt von dem Vortragenden in WIED. Ann. 1881 beschriebenen Form dadurch, dass an dem zu dem luftleer zu machenden Verbindungsgefäß führenden Rohre das Ventil, welches die bei der ersten TÖPLER'schen Construction nothwendige Röhre von über Barometerhöhe ersetzt in der von SCHULLER angegebenen Form (WIED. Ann. 1881) gewählt ist. Es wird durch eine ebene geschliffene Glasplatte hergestellt, welche gegen eine eben solche Platte von dem aufsteigenden Quecksilber gedrückt wird und letzteres an dem Weiteraufsteigen in das zu evakuirende Gefäß hierin hindert. Das letztere wird ohne Fettdichtung auf ein Schliffstück aufgesetzt, welches mit Quecksilber umgeben ist. Um das Vorbeikriechen der Luft an dem Quecksilber zu hindern wird auf letzteres eine die Luft nicht absorbirende Flüssigkeit gegossen, welche Glas benetzt.

Eine wesentliche Verbesserung ist weiter an demjenigen Theile angebracht, durch welchen die Luft aus der Kugel der Pumpe in die äussere Atmosphäre gedrückt werden soll. Ueber der Kugel biegt sich eine Capillare etwa 4 cm nach unten, ist dann umge-

bogen nach oben und mündet in ein weiteres Gefäß *b*, dieses ist am oberen Ende mit einem Kegelventil *c* versehen. An dem unteren Boden dieses Gefäßes *b* ist noch ein Manometer *d* mit einer Capillare von demselben Durchmesser wie *a* angeschmolzen. Wird nun das Quecksilber in der Kugel emporgedrückt, so treibt es die Luft durch *a*, *b* und *c* aus. Ventil *c* wird ganz in die Höhe gehoben, weil es wenn das Quecksilber eine gewisse Höhe erreicht hat, auf demselben schwimmt. Beim Fallen des Quecksilbers, um einen luftleeren Raum in der Kugel der Pumpe herzustellen, bleibt das Quecksilber in der Capillaren zwischen *b* und der Kugel und hindert das Eindringen der in dem Gefäße *b* etwa zurückgebliebenen Luft in die Kugel. In *b* bildet sich dabei ein sehr luftverdünnter Raum. Wird nun das Quecksilber wieder in die Höhe gedrückt, so tritt die Luftblase aus der Kugel in einen sehr luftverdünnten Raum ein, während sie bei der TÖPLER'schen Einrichtung in die Atmosphäre geschafft wird also unter einem starken Drucke steht, unter welchem sie an den Gefäßwänden haften bleiben kann. Das seitlich angeschmolzene Manometer *d* erlaubt den Grad der Verdünnung zu bestimmen durch den Druck der in der Capillare *a* zusammengepressten Luft. Das Kegelventil kann auch durch einen Hahn ohne Fettung, um welchen Quecksilber gegossen ist, ersetzt werden. Derselbe muss dann beim Herauspressen der Luft geöffnet werden. Wenn die Verdünnung sehr vorgeschritten ist, braucht dieses Oeffnen nur nach mehrmaligem Pumpen zu geschehen, weil auch durch die hineingepresste Luft die Dichtigkeit der Luft in *b* sehr wenig zunimmt. Das Kegelventil kann schliesslich auch durch das TÖPLER'sche Auslassrohr ersetzt werden. Mit dem Ventil ist die Pumpe aber weniger zerbrechlich.

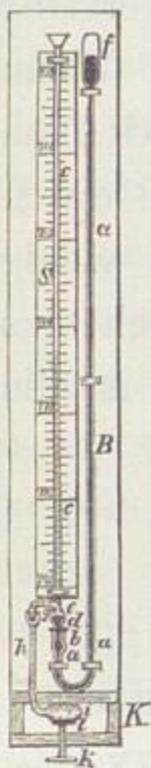
Hr. O. Braun trug vor:

Eine Verbesserung am HUYGHENS'schen Barometer.

Das HUYGHENS'sche Barometer eignet sich bekanntlich vermöge der vergrösserten Skalentheile recht gut zur Beobachtung der Luftdruckschranken, ist aber nicht anwendbar zum genauen

Messen, weil seine Angaben nicht nur von dem Rohrdurchmesser, sondern auch von der Menge des gerade darin vorhandenen Wassers abhängen. Der Zweck der von mir angebrachten Aenderung ist nun der, an Empfindlichkeit das HUYGHENS'sche Instrument noch zu überbieten, ohne doch der Genauigkeit Eintrag zu thun.

Die Ablesung geschieht bei mir ebenso wie bei HUYGHENS an einer auf dem offenen Schenkel ruhenden Wassersäule, aber mit dem Unterschiede, dass bei mir das Vergrößerungsverhältniss der Skala nicht abhängig ist von dem Durchmesser der Röhren, sondern einfach das der specifischen Gewichte von Wasser und Quecksilber, bezugsweise ein Vielfaches davon ist. Auch ist bei mir die Menge des vorhandenen Wassers ganz ohne Einfluss auf die Richtigkeit. Ich messe mit einer Wassersäule, wieviel der jeweilige Luftdruck geringer ist als ein gewisser z. B. 794 mm Quecksilber. Sind z. B. 472,4 mm Wassersäule nöthig, um die Quecksilbersäule auf 794 mm zu bringen, so ist der Luftdruck gleich $794 - \frac{462,4}{13,6} = 760$ mm. Die Skala ist natürlich so getheilt, dass man daran direkt den Luftdruck in mm Quecksilber abliest.



Nebenstehende Figur stellt das Barometer im Maassstabe 1:10 dar. In den offenen Schenkel des heberförmigen Rohres *a* ist bei *b* ein Glasrohr *c* eingeschliffen, das unten bei *d* kugelförmig erweitert ist, darüber einen angeschmolzenen Stutzen hat und am oberen offenen Ende in einen Trichter ausgeht.

Durch den Stutzen *g* und einen Gummischlauch *h* ist das Rohr *c* in Verbindung mit dem wassererfüllten Gummiball *i*. Dieser kann durch eine Scheibe *l* mittelst der Schraube *k* zusammengedrückt werden.

In der kugelförmigen Erweiterung ist eine schwarze Glasspitze *e* eingeschmolzen, ebenso in dem luftleeren Raum des Rohres *a* eine solche Spitze *f*. Die senkrechte Entfernung beider Spitzen betrage 794 mm; sie kann auch eine andere sein, wenn sie nur grösser ist als dem höchsten

Luftdruck entspricht, welchem das Instrument ausgesetzt werden soll.

In das Barometer ist soviel Quecksilber zu geben, dass dasselbe bei einer bestimmten, leicht wieder herzustellenden Temperatur, z. B. 20° C., den Raum zwischen den beiden Spitzen *e* und *f* erfüllt und durch den Trichter *c* soviel Wasser, dass dasselbe bei herabgedrehter Schraube *k* den Gummiball ganz erfüllt und eben an das untere Ende der Skala reicht.

Will man den Barometerstand ablesen, so dreht man solange an der Schraube *k*, bis die Spitze *e* eben die Oberfläche des Quecksilbers berührt und findet nun an der Skala neben der Oberfläche der Wassersäule den Druck in mm Quecksilbersäule angeschrieben.

Die zweite Spitze *f* hat man dabei nicht nöthig zu beobachten; dieselbe dient nur dazu um bei der Aufstellung des Instrumentes sich überzeugen zu können, ob die richtige Quecksilbermenge darin ist und um die Temperaturcorrection zu machen, wenn der höchste Grad von Genauigkeit verlangt wird.

In diesem Falle stellt man nicht auf die untere, sondern auf die obere Spitze ein und berechnet, welchen Einfluss die Temperatur auf die Quecksilber- und auf die Wassersäule hat.

Dieses Verfahren wird nur in seltenen Fällen nöthig sein; denn bei der Einstellung auf die untere Spitze *e* ist das specifische Gewicht der langen Quecksilbersäule ohne Einfluss, weil sie nicht gemessen, sondern gewogen wird. Temperaturänderungen des kurzen Schenkels und der Wassersäule beeinträchtigen das Resultat natürlicherweise nur wenig, nämlich höchstens $\frac{1}{5}$ soviel als bei einem gewöhnlichen Barometer, denn wenn auch die Ausdehnung des Wassers mehr als noch einmal so gross ist als die des Quecksilbers, so ist doch der Fehler proportional mit dem specifischen Gewicht, also 13,6 Mal kleiner; ausserdem hat die Wassersäule nur bei sehr niedrigem Luftdrucke eine erhebliche Länge.

Hr. FUESS hier hat es übernommen, solche Barometer anzufertigen.

Hr. **Kaysor** zeigte einen Apparat zur photographischen Momentan-Aufnahme, bei welchem die Schlussklappen durch Luftdruck bewegt werden.

Hr. **Neesen** bemerkte in Bezug auf einen Vortrag von Hrn. **THIESEN** über die Abweichung der Geschosse in einer früheren Sitzung*), dass die Erfahrungsresultate mit der dort für die Abweichung gegebenen Erklärung durch die Erdrotation nicht stimmen. Während nach der letzteren Erklärungsweise in einem bestimmten Falle eine Abweichung von 8 m herauskommt, giebt die Erfahrung in demselben Falle eine Abweichung von etwa 120 m.

No. 12.

Sitzung vom 3. November

1882.

Ausgegeben am 13. November.

Vorsitzender: Hr. RÖBER.

Hr. **A. König** machte folgende Mittheilung:

Ueber neue Beobachtungen mit dem Leukoskop.

In der Sitzung vom 3. Febr. d. J.***) habe ich das von Hrn. Geh. Rath **HELMHOLTZ** konstruirte Leukoskop beschrieben, seine Theorie entwickelt und bereits über einige der mit ihm gemachten Beobachtungen Bericht erstattet.

Bevor ich nun auf weitere bisher erlangte Resultate übergehe, muss ich eine Angabe berichtigen, welche ich damals auf Grund unzureichenden Beobachtungsmaterials gemacht habe, dass nämlich der vordere Nicol, wenn das Leukoskop bei einfallendem Sonnenlichte für mein linkes Auge eingestellt ist, für jede Quarzdicke um $\frac{1}{3}$ bis $\frac{1}{2}$ Grad im Sinne des Uhrzeigers gedreht werden muss, um eine Einstellung für das rechte Auge zu ergeben. Die sehr zahlreichen seitdem gemachten Beobachtungen zeigen nun aber, dass diese Drehung nicht einmal der Richtung nach constant

*) Diese Verhandlungen 1882, No. 7.

**) S. diese Verhandlungen 1882. No. 2.

ist und dass auch ihre Grösse sehr differirt. Die zwischen meinen beiden Augen wahrscheinlich bestehende geringe Abweichung der Empfindlichkeitscurven für die drei Grundfarben tritt demnach bei der Einstellung des Leukoskopes nicht in so einfacher Weise in die Erscheinung, wie es nach der frühern Angabe zu sein schien.

Ueber die functionelle Verbindung, welche zwischen den beiden Variablen des Leukoskopes, nämlich der Quarzdicke und der Stellung des vordern Nicols, besteht*), lassen meine bisherigen Versuche mit Bestimmtheit erkennen, dass sie beim Sonnenlicht nicht durch eine lineare Gleichung ausgedrückt werden kann.

Ich habe Einstellungen des Leukoskopes für Sonnenlicht, Gaslicht und Stearinkerzenlicht bei verschiedenen Quarzdicken vorgenommen, welche zwischen 11 und 23 mm lagen und gefunden, dass bei allen diesen Quarzdicken der zur Einstellung erforderliche Neigungswinkel zwischen dem Hauptschnitte der beiden Kalkspathrhomboeder und der Polarisationssebene des Ocularnicols beim Sonnenlicht grösser ist als beim Gaslicht, und bei diesem wiederum grösser als beim Licht der Stearinkerze.

Infolge dieser Uebereinstimmung habe ich für die übrigen untersuchten Lichtarten nur eine einzige Quarzdicke und zwar eine solche von 20 mm benutzt. Bei rechtsdrehendem Quarze sind die nachstehenden Werthe des Neigungswinkels so zu verstehen, dass von dem Hauptschnitt der Kalkspathrhomboeder zur Polarisationssebene des Nicols im Sinne der Drehung des Uhrzeigers übergegangen wird.

Stearinkerze	71,2°
Leuchtgas (Schnitt- und Argandbrenner)	71,5°
Im Sauerstoff brennender Phosphor	75—77°
DRUMMOND'sches Kalklicht	76,7°
Elektrisches Kohlenbogenlicht	ca. 79°
Magnesiumlicht	86,3°
Sonne (resp. beleuchtete Wolken)	90,5°

*) Vergl. die Bemerkung von Hrn. H. Helmholtz in diesen Verhandl. 1882. No. 2

Diese Zahlen sind die Mittelwerthe aus mindestens je 12 Einzelbeobachtungen; nur bei dem im Sauerstoff brennenden Phosphor gebe ich die beiden äussersten Grenzen der erhaltenen Werthe, da die heftig flackernde Flamme die Sicherheit der Einstellung sehr beeinträchtigte; bei dem elektrischen Kohlenbogenlicht war die Einstellung ebenfalls ziemlich unsicher. Soweit diese Lichtquellen spektro-photometrisch untersucht worden sind, zeigte sich nun, dass mit der Grösse des eben angegebenen Neigungswinkels auch die relative Intensität der verschiedenen Theile des Spektrums sich derjenigen des Sonnenlichtes nähert, so dass wir also in dem Leukoskop einen sehr bequemen Apparat besitzen, die Farbe einer Lichtquelle zu bestimmen. Die grosse Differenz zwischen den Einstellungen für das elektrische Kohlenbogenlicht und denjenigen für das Magnesiumlicht, die vielleicht auffallend erscheinen möchte, steht sowohl in Uebereinstimmung mit den spektro-photometrischen Messungen, wie auch mit der Thatsache, dass mehrere Farbennuancen, die man bei elektrischem Lichte nicht von einander zu unterscheiden vermag, im Magnesiumlichte gut zu erkennen sind*).

Ausser mit den oben erwähnten Lichtarten habe ich zahlreiche Messungen an elektrischen Glühlampen gemacht. Herr Geh. Rath Dr. WERN. SIEMENS stellte mir hierzu freundlichst die reichen Mittel seines Laboratoriums zur Verfügung, wofür ich ihm und Hrn. Dr. O. FRÖLICH, der mich in liebenswürdiger Weise unterstützte, meinen besten Dank sage. Es wurde bei diesen Versuchen die Intensität des Stromes in $\frac{\text{Dan}}{\text{Quecks.-Einh.}}$ und die Lichtintensität in Normalkerzen bestimmt und beides mit den am Leukoskope erlangten Einstellungen verglichen. Von den zahlreichen Versuchsreihen will ich hier nur zwei anführen, welche sich auf eine SWAN'sche und eine EDISON'sche Lampe beziehen.

*) Hierzu gehören besonders die sog. „Mischfarben“ „mode“ und „bronze“ der Färber. Es wird von dem Vortragenden experimentell gezeigt, dass diese Nuancen, deren Färbung noch immer am Tage vorgenommen werden muss (während alle andern Farben bei Benutzung des elektrischen Kohlenbogenlichtes verglichen werden können) im Magnesiumlichte deutlich zu unterscheiden sind.

Es bezeichnet J die Stromintensität, L die Lichtintensität der Glühlampe und β den oben definirten Einstellungswinkel am Leukoskope.

SWAN'sche Lampe.

$\frac{\text{Dan}}{\text{Q.-E.}} = J$	L	β
0,45	nicht messbar	61,7°
0,53	0,2 N.-K.	63,2
0,68	0,9	66,3
0,81	2,6	69,6
0,94	6,8	71,4
1,06	15,3	72,7
1,20	26,5	74,8
1,32	39,8	76,0
1,43	66,1	77,3
1,52	90,0	77,7
1,59	97,9	77,9
1,63	111,0	77,8

EDISON'sche Lampe.

0,27	0,1	63,9
0,40	1,2	67,7
0,54	6,6	71,2
0,67	19,1	73,7
0,80	47,5	76,0
0,85	59,0	77,0

Die SWAN'sche Lampe brannte, während eine Steigerung der Lichtintensität über 111 Normalkerzen versucht wurde, durch. Sowohl bei ihr wie auch bei allen andern zur Messung benutzten SWAN'schen und SIEMENS'schen Lampen zeigte sich das übereinstimmende Resultat, dass die Einstellung am Leukoskope sich mit steigender Strom- und Lichtintensität asymptotisch einem Maximalwerthe nähert*). Bei den EDISON'schen Lampen war diese Grenze wegen der grossen dazu erforderlichen Anzahl von Ele-

*) Die bei der Swan'schen Lampe an der letzten Ablesung auftretende geringe Abweichung von diesem Gesetze ist ohne Zweifel als Beobachtungsfehler zu erachten.

menten nicht zu erreichen; doch zeigen die gemachten Beobachtungen, wie auch aus der oben mitgetheilten Versuchsreihe hervorgeht, keinen Widerspruch mit der Annahme, dass auch bei ihnen mit weiterer Steigerung der Intensität dieselbe Erscheinung eingetreten sein würde. Es liegt nun die Vermuthung nahe, dass dieses bei den Glühlampen vorkommende Maximum der Annäherung an die Farbe des Sonnenlichtes zusammenfällt mit der Farbe der glühenden Kohlenspitzen beim elektrischen Bogenlicht. Eine mit grossen experimentellen Schwierigkeiten verbundene Einstellung der letzteren im Leukoskope ergab den ungefähren Werth des Neigungswinkels gleich 79° . Die Unsicherheit dieses Werthes ist aber so gross, dass ich trotz der 1° übersteigenden Differenz beider Einstellungen jene Vermuthung nicht für widerlegt zu erachten vermag.

No. 13.

Sitzung vom 17. November

1882.

Ausgegeben am 29. November.

Vorsitzender: Hr. HELMHOLTZ.

Hr. E. Hagen trug vor:

Ueber die Wärme-Ausdehnung des Natriums, des Kaliums und der bei gewöhnlicher Temperatur flüssigen Legirung beider in festem und im geschmolzenen Zustande, sowie über die Bestimmung ihrer Capillaritätsconstanten.

Wegen ihres hohen Schmelzpunktes sind die Metalle hinsichtlich ihrer Wärme-Ausdehnungs-Coefficienten bisher stets nur im festen Zustande untersucht worden. Die einzige Ausnahme hiervon bildet einerseits das Quecksilber andererseits die ROSE'sche resp. WOOD'sche Metallegirung, welche letztere zuerst von ERMAN, später von KOPP und neuerdings von SPRING untersucht worden ist.

Ich gestatte mir im Nachfolgenden kurz die Resultate einer Arbeit mitzutheilen, deren Zweck es war, die Wärme-Ausdehnungs-Coefficienten des festen sowie des geschmolzenen Natriums,

Kaliums und der von GAY-LUSSAC und THENARD 1811 entdeckten, merkwürdiger Weise bei gewöhnlicher Temperatur flüssigen Kalium-Natrium-Legirung zu bestimmen.

Die zu der Untersuchung dienenden Metalle waren so rein, als sie im Handel zu haben sind*), die Legirung wurde durch Zusammenschmelzen des Natriums und Kaliums im Verhältniss der Atomgewichte (23 : 39) erhalten, sie stellt dabei eine in ihrem Aeusseren dem Quecksilber ähnliche, das Glas nicht benetzende Flüssigkeit von sehr schöner Silberfarbe und dem spec. Gew. 0,89 dar, und verhält sich übrigens in reibungselektrischer Beziehung gegen Glas wie Quecksilber.

Bei dem festen Natrium und Kalium wurde die Bestimmung des Ausdehnungs-Coefficienten auf zwei Weisen ausgeführt

- 1) durch directe Messung der Längenausdehnung,
- 2) nach der dilatometrischen Methode.

Zum Zweck der Bestimmung auf ersterem Wege wurden das Natrium und Kalium in fingerdicke Stäbe von etwa 400 mm Länge gegossen und nahe ihren Enden kurze Stecknadeln als Marken senkrecht zur Längsrichtung der Stäbe eingesteckt. Die so vorgeordneten in dünnwandige, weite Glasröhren eingeschmolzenen Metallstäbe setzte man in einem mit Glasfenstern versehenen Wasserbadkasten horizontal liegend verschieden hohen Temperaturen zwischen 0 und 50° aus und maass jedesmal den Abstand zwischen den als Marken dienenden Stecknadelköpfen mittels einer als Horizontalkathetometer eingerichteten Theilmaschine.

Die Versuche ergaben, dass sowohl das Natrium wie das Kalium innerhalb der erwähnten Temperaturgrenzen sich fast genau proportional der Temperatur ausdehnte, so dass die Längen l_t der Metallstäbe bei der betreffenden Temperatur t sich sehr wohl durch die Formeln

$$l_t = l_0 \cdot (1 + 0,000070 \cdot t) \quad \text{bei dem Na}$$

$$l_t = l_0 \cdot (1 + 0,000085 \cdot t) \quad \text{bei dem K}$$

darstellen liessen.

*) Die chemische, von meinem Freunde, Herrn Prof. Hempel in Dresden, ausgeführte Analyse ergab nur spurenweise vorhandene, nicht bestimmbare fremde Beimengungen.

Die gemessenen Verlängerungen selbst betragen zwischen 0 und 50° bei dem Natrium 1,3, bei dem Kalium 1,4 mm. Obwohl nun diese Grössen sind, die immerhin recht beträchtlich und genau messbar sind, so waren doch die mittels der dilatometrischen Methode erhaltenen Resultate jedenfalls ungleich viel zuverlässiger. Die Beschreibung der Einzelheiten der Untersuchungsmethode und der Herstellung der Apparate, welche wegen der leichten Entzündlichkeit und Oxydirbarkeit des Natriums und besonders des Kaliums mit ausserordentlich grossen, experimentellen Schwierigkeiten verknüpft war, muss ich einer späteren Publication vorbehalten und bemerke hier nur, dass in die Dilatometer im Vacuum eine gewisse Menge des betreffenden Metalls oxydfrei eingeführt wurde derart, dass es fast das ganze Dilatometergefäss erfüllte. Durch Abbrechen der Spitze des luftleeren Dilatometers unter Steinöl konnte letzteres nachgefüllt werden, von dem alsdann mittels eines in das getheilte Messrohr des Dilatometers eingeführten, engen Röhrchens so viel herausgesaugt wurde, dass der Stand der Steinölkuppe im Messrohr ein passender war. Das zu den Dilatometern verwendete Glas und das durch fractionirte Destillation aus sogenanntem „Kaiseröl“ gewonnene, hochsiedende (S. P. etwa 190°) Steinöl, welches vorher eine Zeitlang mit metallischem Natrium behandelt wurde, waren genau hinsichtlich ihrer Ausdehnung untersucht. Um die Ausdehnungs-Coefficienten der Metalle in geschmolzenem Zustande zu ermitteln, wurden Dilatometer hergestellt, welche nichts als nur das betreffende Metall (im Vacuum) enthielten und die also Thermometer repräsentirten, deren Flüssigkeit das betreffende geschmolzene Metall war.

Zu den Versuchen selbst senkte man die Dilatometer in unten geschlossene, mit Steinöl gefüllte Messingröhren ein, welche letztere in einem grossen Wasserbade erhitzt wurden, dessen Temperatur durch fortwährendes Umrühren mittels eines kleinen Wassermotors constant gehalten ward.

Die dilatometrischen Versuche erstreckten sich bei den festen Metallen von 0 bis zum Schmelzpunkt, bei zwei älteren Beobachtungsreihen von -11° an aufwärts, bei dem geschmolzenen

Natrium vom Schmelzpunkt bis $168,7^{\circ}$, bei dem Kalium bis 110° und bei der K | Na-Legirung bis 100° .

Bis zu noch höheren Temperaturen konnten die Versuche nicht ausgedehnt werden, weil dann regelmässig Zersetzung des Glases durch das geschmolzene Metall eintreten begann.

Da die Angabe der Schmelzpunkte des Na und K bei den verschiedenen Beobachtern sehr variiren, so habe ich auch sie einer neuen, genauen Bestimmung durch Ermittlung der Erstarrungstemperatur unterworfen.

Die Ausdehnungsversuche ergaben folgende Resultate:

1) Natrium. Schmelzpunkt $97,6^{\circ}$. Zwischen 0 und 95° ist die Ausdehnung nahezu der Temperatur proportional, zwischen 95° und 97° beginnt die Ausdehnungcurve rapide zu steigen, im Momente des Schmelzens tritt eine Volumenvermehrung von fast 2,5 pCt. ein. Das geschmolzene Metall dehnt sich genau proportional der Temperatur, aber stärker aus als zwischen 0 und 95° .

2) Kalium. Schmelzpunkt $62,1^{\circ}$. Zwischen 0° und 50° ist die Ausdehnungcurve fast ganz gerade, oberhalb 50° rasches Ansteigen der Curve, Sprung des Volumens beim Schmelzen etwa 2,6 pCt., zwischen 50° und dem Schmelzpunkt 3,1 pCt. Oberhalb des Schmelzpunktes ist die Ausdehnung des Metalls wiederum der Temperatur proportional, aber stärker als die des festen Metalls.

3) K | Na-Legirung. Schmelzpunkt $+4,5^{\circ}$. Zwischen -10° und $+5^{\circ}$ sehr rasches Ansteigen der Ausdehnungcurve, die oberhalb des Schmelzpunktes wieder als Gerade verläuft. Es war mir von besonderem Interesse zu sehen, ob diese höchst merkwürdige, bei $+8^{\circ}$ breiig und erst bei $4,5^{\circ}$ fest werdende K | Na-Legirung etwa dieselbe Anomalie in ihrer Ausdehnungcurve in der Nähe des Schmelzpunktes zeige, wie eine solche von ERMAN bei der ROSE'schen Metalllegirung beobachtet worden ist. Zu dem Zwecke stellte ich eine grosse Zahl von Volumenbeobachtungen der Legirung in der Nähe ihres Schmelzpunktes an, die graphisch aufgetragen wurden. Indess zeigte sich hier kein Maximum des Volumens, von dem

ab die Curve mit steigender Temperatur wieder gefallen wäre. Der Verlauf der Curve war der oben angegebene.

Die sämtlichen Berechnungen wurden nach der Methode der kleinsten Quadrate ausgeführt und dabei für die Ausdehnungscurve der festen Metalle die Formel

$$v_t = v_0(1 + bt + ct^2),$$

für die der geschmolzenen die Formel

$$v_t = v_\sigma(1 + \delta(t - \sigma))$$

den Berechnungen zu Grunde gelegt. v_0 und v_σ bedeuten dabei das Volumen bei 0° resp. bei dem Schmelzpunkt σ .

Zusammenstellung der Zahlenwerthe.

I. Natrium

fest: cubischer Ausd.-Coeff. zwischen 0 und 95°

$$\text{Dilatom. III. } \begin{cases} b = 0,0002051 \\ c = 0,0000002273 \end{cases}$$

$$\text{Dilatom. IV. } \begin{cases} b = 0,0002028 \\ c = 0,0000002573 \end{cases}$$

mittlerer linearer Ausd.-Coeff. zwischen 0 und 50°

Dilatometr. Methode	Längenmessung
0,0000721	0,000070

geschmolzen: $\delta = 0,0002781$ (zwischen $97,6^\circ$ und 169°)

II. Kalium

fest: cubischer Ausd.-Coeff. zwischen 0 und 50°

$$\text{Dilatom. I. } \begin{cases} b = 0,0002407 \\ c = 0,0000001798 \end{cases}$$

$$\text{Dilatom. II. } \begin{cases} b = 0,000238 \\ c = 0,0000002387 \end{cases}$$

mittlerer linearer Ausd.-Coeff. zwischen 0 und 50°

Dilatom.	Längenmessung
0,0000833	0,000085

geschmolzen: $\delta = 0,0002991$ (zwischen $62,1^\circ$ und 110°)

III. K | Na-Legirung

geschmolzen: $\delta = 0,0002861$ (zwischen 10° und 100°)

	Schmelz- punkt		Vol. von 1 gm in ccm	Spec. Gew.
Na	97,6°	bei 0°	1,028296	0,97248 bei 0°
		- 97,6°	1,07682 (geschm.)	
K	62,1°	- 0°	1,156723	0,86451 - 0°
		- 62,1°	1,205127 (geschm.)	
K Na-Legirung	4,5°	- 4,5°	1,12292 (geschm.)	0,8905 - 4,5°

Was die in den Dilatometern enthaltenen Mengen Metalls und eventuell Steinöls anlangt, so enthielt das

Dil. III	circa	44 gm Na	und nur	1,5	resp.	0,4 gm Steinöl
- IV	-	48	-	-	-	1,5 - 0,7
- I	-	40	- K	-	-	2,56 - 2
- II	-	41	-	-	-	1,67 - 1,1

so dass also kleine Fehler in der Bestimmung der Ausdehnung des Steinöls ziemlich unschädlich für das Resultat sein mussten. Die zu den Ausdehnungsversuchen der geschmolzenen Metalle dienenden Dilatometer enthielten circa 27,6 gm Na, 22 gm K und 24 gm. Legirung.

Vergleicht man den auf voriger Seite angegebenen linearen Ausdehnungscoefficienten des festen Natriums und Kaliums mit dem anderer Metalle z. B.

Blei	0,0000285
Eisen	0,000012
Kupfer	0,0000175
Zink	0,000029

so sieht man, dass jener bedeutend grösser ist wie dieser. Auch der Ausdehnungs-Coefficient der geschmolzenen Metalle ist erheblich grösser als der des Quecksilbers = 0,0001815.

Die Uebereinstimmung der Resultate der einzelnen Versuchsreihen war eine sehr befriedigende, hingegen stimmt der von mir ermittelte Ausdehnungs-Coefficient des festen Natriums mit dem von Hrn. DE LUCCHI*) angegebenen in keiner Weise überein, da

*) de Lucchi, Atti del R. istituto Veneto (5) IX, 445—464. 1880.

Letzterer eine grosse Abhängigkeit des Ausdehnungs-Coefficienten von der Temperatur gefunden hat, die sich in der von ihm für den mittleren Ausdehnungs-Coefficienten k zwischen 0 und 40° aufgestellten Formel:

$$k = (0,000141778 + 0,00000052t + 0,0000000026t^2)$$

ausspricht. Da jedoch DE LUCCHI seine Untersuchung nach der für leicht oxydirbare Körper wenig geeigneten, hydrostatischen Methode ausgeführt hat, da ferner bei ihm die etwaigen Ungenauigkeiten in der Ausdehnungsbestimmung des Steinöls ganz, bei meinen Versuchen nur zum kleinen Theil in das Resultat hineingehen und ich fast identische Werthe mittels zweier ganz verschiedener Dilatometer erhalten und da endlich auch die Längenausdehnungsversuche gleichfalls ein mit meinen anderen Untersuchungen im Einklang stehendes Resultat ergeben haben, so glaube ich mit Recht meine Angaben als die richtigen ansehen zu können.

Capillarconstanten-Bestimmungen.

Die geschmolzenen Metalle K, Na und die bei gewöhnlicher Temperatur flüssige Legirung beider benetzen das Glas nicht. Hierdurch wird es möglich in Röhren, in welchen man vollkommen oxydfreies Metall zum Schmelzen erhitzt, durch Messung der „Tropfenhöhe“ in der von Hrn. QUINCKE*) vorgeschlagenen Art die Capillaritätsconstante der 3 Metalle zu bestimmen. Bezeichnen wir mit a den verticalen Abstand des verticalen vom horizontalen Element der Meridianschnittcurve eines Tropfens, so ist a^2 die von Hrn. QUINCKE „specifische Cohäsion“ genannte Grösse, welche wir mit dem halben specifischen Gewicht zu multipliciren haben, um die Capillarconstante α (Oberflächenspannung, von LAPLACE mit $\frac{H}{2}$ bezeichnet) zu erhalten. Ich habe als Mittel aus je 4 Beobachtungen, die an 4 bis 6 verschiedenen derartigen für jedes Metall hergestellten Röhren angestellt wurden, folgende Werthe erhalten:

*) Quincke, Pogg. Ann. CXXXIV, 356.

	Tropfenhöhe a	spec. Cohäsion a^2	Capillarconstante $\alpha = \frac{H}{2} = a^2 \cdot \frac{s}{2}$
Na	7,67 mm	58,83 □mm	27,23 mgrm
K	5,855 -	34,08 -	14,17 -
K Na-Legirung	6,335 -	40,13 -	17,86 -

Hr. QUINCKE hat nach einer anderen Methode (durch Wägung von Tropfen, die aus einem Rohr von gemessenem Durchmesser ausflossen, cf. POGG. Ann. CXXXV, 634. 1868) für das Na erhalten $a^2 = 52,97$, $\alpha = 25,75$, welche Werthe mit den von mir gefundenen leidlich übereinstimmen, während die von ihm für das Kalium gefundenen von Hrn. QUINCKE selbst nur „mit Vorbehalt“ angeführt werden, er fand nämlich für das Kalium $a^2 = 85,74$ und $\alpha = 37,09$ und giebt selbst den Grund an, warum diese Zahlen jedenfalls zu gross ausgefallen sein müssen.

Hr. **Helmholtz** erstattete darauf Bericht über die Thätigkeit der internationalen elektrischen Commission in Paris, welche in der zweiten Hälfte des Oktober d. J. dort zusammengetreten war um hauptsächlich die Frage über die Widerstandseinheit zu prüfen. Es waren seit dem elektrischen Congress im Jahre 1881 verschiedene neuere Arbeiten über die Grösse der auf dem letzteren angenommenen theoretischen Einheit der British Association in Quecksilbereinheiten ausgeführt. Vortragender gab folgende Zusammenstellung für die gefundenen Werthe der theoretischen Einheit

KOHLRAUSCH	1,0593 Q. E.	nach einer neuen experimentellen Bestimmung der Windungsfläche der gebrauchten Spirale,
RAYLEIGH	1,0624 -	nach der Methode der British Association, letzte Revision,
-	1,0620 -	nach der von LORENZ angegebenen Methode,
GLAZEBROOK	1,0624 -	
H. WEBER	1,0611 -	

W. WEBER	1,0552 Q. E.	mit dem neuen grossen Apparat in Leipzig,
ROWLAND	1,0575	-
DORN	1,0546	-
FR. WEBER	1,0471	-

Da die letzte Bestimmung, welche von den übrigen erheblich abweicht, übrigens mit der früheren Bestimmung der British Association übereinstimmt, durch viele wohl mit einander übereinstimmende Versuchsreihen gestützt erschien, ebenso die das andere Extrem bildenden verschiedenen Versuchsreihen in Cambridge, so wurde zunächst von einer definitiven Festsetzung des Ohm abgesehen.

Die Commission veranlasste die Versendung eines Vergleichs-Etalons an die verschiedenen Beobachter mit dem Ersuchen die von denselben gebrauchten Widerstände mit diesem Etalon zu vergleichen.

Hr. HELMHOLTZ hob besonders die Vorzüge der Methode von KOHLRAUSCH zur experimentellen Bestimmung der Windungsfläche durch Vergleich der Wirkung des betreffenden Solenoides mit der eines einfachen Drahtkreises hervor, sowie die Methode von LORENZ zur Bestimmung der Grösse der Widerstandseinheit, bei welcher keine Stromesintensitäten gemessen werden müssen.

No. 14.

Sitzung vom 1. December

1882.

Ausgegeben am 12. December.

Vorsitzender: Hr. HELMHOLTZ.

Hr. Hertz zeigte und erläuterte ein kleines Dynamometer, in welchem alternirende Ströme nachgewiesen, resp. gemessen werden durch die Wärmewirkung, welche dieselben auf dünne Metalldrähte ausüben. Die gewöhnlichen Dynamometer leiden an einem grossen Widerstand und an einem grossen Werthe der Selbstinduction. Der letztere Umstand bewirkt, dass dieselben alternirenden Strömen einen scheinbar vergrösserten Widerstand entgegenstellen, und diese Vergrösserung kann sich bei sehr

schnell alternirenden Strömen bis zur Undurchdringlichkeit steigern. Für gewisse Untersuchungen, z. B. solche, welche die Entladungsströme Leydener Flaschen in kurzen metallischen Schliessungskreisen betreffen, werden daher die üblichen Dynamometer nahe unanwendbar. In solchen Fällen können dieselben mit Vortheil durch das hier beschriebene Instrument ersetzt werden. Dasselbe ist von grosser Handlichkeit, sehr kleinem Widerstand und verschwindender Selbstinduction, freilich auch nur von geringer Empfindlichkeit. Bei dem vorgezeigten Instrument war der Widerstand = 0,85 S. E., die Empfindlichkeit eine solche, dass ein Strom von 1 Daniell in 100 St., noch deutlich wahrgenommen, ein Strom von 1 Daniell in 30 St. und alle grösseren gut gemessen werden konnten. Die Einrichtung ist diese: Zwei horizontale möglichst dünne Silberdrähte, durch welche der Strom geleitet werden kann, und deren jeder nahezu in der Verlängerung des andern liegt, sind mit den von einander abgekehrten Enden an festen Haltepunkten befestigt; wo sie in der Mitte zusammenstossen, umschlingen sie von verschiedenen Seiten eine vertikale dünne Stahlaxe, so dass jede Verkürzung der Drähte diese Axe in einem gewissen Sinne zu drehen strebt, während jede Verlängerung der Drähte eine Drehung im entgegengesetzten Sinne gestattet. Die senkrechte Axe wird in ihrer Lage erhalten durch zwei in ihrer Verlängerung liegende dünnere Stahldrähte, deren Torsion gleichzeitig die Silberdrähte beständig gespannt hält. Jede Drehung der Axe wird mittelst Spiegels und Skala beobachtet. Soll das Instrument brauchbar sein, so muss der wirksame Draht äusserst dünn gewählt werden, bei dem vorgezeigten Instrument war sein Durchmesser gleich 0,06 mm. Es ist erstaunlich, mit welcher Geschwindigkeit in einem solchen Drahte die stationäre Temperaturvertheilung erreicht wird, 1 Secunde nach dem Schluss des Stromes kann die Ablesung erfolgen. Der Nullpunkt erwies sich als viel constanter und alle Unregelmässigkeiten zeigten sich als viel kleiner, als irgend erwartet werden konnte.

Hr. **Helmholtz** sprach über die thermochemischen und elektrochemischen Untersuchungen, welche er in den Berichten der Akademie der Wissenschaften veröffentlicht hat.

No. 15.

Sitzung vom 15. December

1882.

Ausgegeben am 3. Januar 1883.

Vorsitzender: Hr. HELMHOLTZ.

Hr. **Arthur Christiani** gab eine von Experimenten begleitete Mittheilung:

Ueber Absorption des Schalles durch Resonatoren.

Tönt eine singende Flamme nahezu oder völlig unison mit einer KÖNIG'schen Stimmgabel so wird die gesammte Schallenergie fast momentan in nicht schallende Energie verwandelt, wenn man plötzlich dem oberen oder dem unteren Ende der singenden Röhre den Resonanzkasten der Gabel, jedoch ohne dieselbe, mit zugewendeter Oeffnung bis auf einige Centimeter nähert*). Der Resonanzkasten ist hierbei horizontal und in solcher Höhe zu halten, dass das betreffende Ende der Glasröhre in die Verlängerung der mittleren Längsaxe des Kastens zu liegen kommt.

Hält man statt des Resonanzkastens einen HELMHOLTZ'schen Kugelresonator von genau derselben Abstimmung mit seiner Mundöffnung in gleicher Weise an das Ende der singenden Röhre, so bleibt derselbe wirkungslos, bis zu dem Momente, wo man mit dem Zeigefinger die hintere kleine Oeffnung des warzenförmigen Fortsatzes (die Spitze) verschliesst, wodurch man, wie RAYLEIGH**) lehrt, die Bildung von Strahlen verhütet. Auch dann findet

*) Man nehme z. B. ein Glasrohr von 600,0 mm Länge und 20,0 mm Durchmesser, versehe dasselbe behufs feinerer Abgleichung der Tonhöhe mit einer verschiebbaren Papierhülse von etwa 100,0 mm Länge und mache die singende Flamme bis auf 2 oder 4 Schwebungen oder auch gänzlich unison mit der Gabel Mi_3 (640 v. s.).

**) Rayleigh Theorie des Schalles, übersetzt von Neesen. Braunschweig 1880, II, p. 265.

plötzlich Absorption des Schalles*) Statt: geradeso wie bei Anwendung des Resonanzkastens springt die Flamme von der oscillatorischen, intermittirenden Bewegung in die des ruhigen Brennens über. Genau wie die eben erwähnten Resonatoren wirkt ferner eine einfache Pfeife, offen oder besser gedeckt, also eine cylindrische Pappröhre oder auch eine Glasröhre, wenn man ihre Länge so wählt, dass der Eigenton der Pfeife mit dem der Flamme unison ist. Der Querschnitt der Pfeifen darf bis zur Grösse des Querschnittes der singenden Röhre abnehmen. Es erweist sich freilich die Einstellung auf grösste Absorption um so zarter je enger die Röhre, je kleiner das Luftvolumen ist, welches absorbirend wirken soll.

Die Luftsäulen der absorbirenden Resonatoren schwingen bei diesen Versuchen so gut wie gar nicht nach: bis auf ein nicht nennenswerthes, kurzes und leises Nachklingen, welches von der Resonanz der Wände der Resonatoren herrührt, ist nichts von dem Momente an zu hören, wo die Flamme in Folge der Absorption schweigt. Man überzeugt sich hiervon am einfachsten, indem man als Absorbenten den Kugelresonator benutzt, aber die Oeffnung des warzenförmigen Fortsatzes, statt mit dem Zeigefinger, mit dem Trommelfelle seines eigenen Ohres deckt. Man kann so die Absorption am oberen oder am unteren Ende des tönenden Rohres belauschen.

Wenn nun aber auch die Absorption der schallenden Energie momentan zu erfolgen scheint, so ist doch eine gewisse merkliche Zeit nöthig, damit dieselbe eine totale werde.

*) Was den Ausdruck „Absorption“ betrifft, so sagt Rayleigh l. c. II, p. 254: „Es giebt Fälle, in denen ein Resonator Schall absorbirt, als wenn er selbst die Schwingungen anzöge und so dieselben von Regionen ablenkte, wohin dieselben sonst gelangen würden.“

Auf Seite 256 wird ein dem unsrigen ähnliches Beispiel angeführt. Auch Gripon in Comptes rendus LXXVIII, p. 1118 hat einen analogen Versuch beschrieben. Jedoch gehören diese Erscheinungen bisher noch zu den dunkelsten der Akustik. Rayleigh sagt l. c.: „Die Wirkung eines Resonators der unter dem Einflusse einer mit ihm im Einklange befindlichen Schallquelle steht, ist ein Punkt von erheblicher Feinheit und Wichtigkeit, und zwar einer, über den unter den akustischen Schriftstellern, den Autor nicht ausgenommen, ein gut Theil Confusion herrscht.“

Am schönsten lässt sich dieses einer Versammlung zeigen*), indem man sich zur Absorption einer aus zwei ineinander verschiebbaren Röhren bestehenden einfachen Pfeife bedient. Die eine der beiden Röhren ist hinten gedackt; sie ist es, die bewegt wird, während das vordere Ende der an beiden Seiten offenen und etwas engeren Röhre in fester Lage und bei grösserer oder geringerer Entfernung vor der oberen Oeffnung der singenden Flammenröhre ruht. Ein schmaler weisser Papierring auf der engeren Röhre markirt die Länge, in welcher die Pfeife ruhend, totaler Absorption fähig ist, und bei welcher sie sich als unison mit der Flamme erweist.

Jedesmal, wenn beim Hin- und Herschieben des gedackten Theiles der Pfeife der weisse Ring überschritten wird, schwillt die Intensität des Flammentones ab. Erfolgt die Ueberschreitung des Ringes schnell genug, bewegt sich das weitere Rohr pendelartig um die Ebene des Ringes als Ruhelage, dann bleibt die Absorption partiell und man erzeugt so künstlich Schwebungen von innerhalb gewisser Grenzen beliebiger Anzahl in der Zeiteinheit. Verweilt man zu lange in der Nähe des weissen Ringes, so wird die Absorption total.

Der Grad der Sensibilität der Flamme ist für die beschriebenen Beobachtungen gleichgültig: im Wesentlichen unterschiedslos, ob die Flammen von selbst — *sit venia verbo* — oder erst auf directe Erregung durch Angabe ihres Tones anfängt zu singen, gestalten sich hier die Erscheinungen. Das beste Erregungsmittel für eine nur im geringen Grade sensible (nicht von selbst erregbare) Flamme ist ein kurzer, trockener Schlag mit dem Knöchel des Zeigefingers auf den unisonen Resonanzkasten, dessen Mündung dem unteren Ende der sensibel gemachten Röhre, aber nur während des Anschlages**), zugewandt ist. Dieses Mittel wirkt mit grösster Präcision so lange, als nicht am oberen Ende der

*) Ich habe diese Versuche bereits seit drei Semestern in meinen Vorlesungen vorgeführt, nachdem ich das Grundphänomen in einer derselben zufällig beobachtet hatte.

**) Denn sonst wirkt der Kasten hinterher absorbirend.

Röhre ein zweiter absorbirender Resonator sich befindet; denn ein solcher macht die Flamme absolut unerregbar. Klopft man auf einen solchen, am oberen Ende der Glasröhre unverrückt liegen bleibenden, absorbirenden Resonator, während das untere Ende frei gelassen wird, so zeigt sich zwar jedesmal die Flamme bereit zu oscilliren; allein es obsiegt die Absorption zu schnell, als dass ein Ton hörbar wird. Nur wenn man die klopfenden Stösse schnell genug wiederholt, kommt ein kurzes, unterbrochenes Tönen zu Stande.

Was würde wohl geschehen, wenn wir die klopfenden Stösse noch häufiger, z. B. ungefähr oder genau in derselben Anzahl in der Zeiteinheit erfolgen liessen, wie die Schwingungen der tönenden Flamme? Würden nicht diese Stösse bei genügender Stärke die Absorption übercompensiren und ein stetiges Tönen der Flamme möglich machen können? Der Versuch bejaht diese Frage in unzweideutigster Weise. Schrauben wir die zugehörige Stimmgabel auf den Resonanzkasten, welcher eben noch total absorbirte, und nähern wir in gleicher Weise plötzlich dem oberen Ende des tönenden Rohres dieses combinirte System, so fährt die Flamme zu tönen fort und zwar gar nicht, oder in kaum merklicher Weise, geschwächt. Vorausgesetzt ist hierbei, dass der Ton nicht zu stark und dass die Unisonität keine vollkommene war, sondern dass im Abstände von einem halben Meter*) von der tönenden Röhre das erregte Resonanzsystem mit der tönenden Flamme 2—4 Schwebungen in der Sekunde ergab. War dagegen die Unisonität vollkommen, so kann auch das combinirte System dem oberen Röhrenende genähert die Flamme zum Schweigen bringen, freilich nur in einem Abstände von einem halben bis ein und einen halben Centimeter, während der Resonanzkasten ohne Gabel die Absorption im Abstände von fünf bis sieben Centimeter zu leisten vermag.

Hiernach scheint folgende Erklärung plausibel. Bei völliger Unisonität ist die Absorption so intensiv, dass die durch die

*) Diese Bemerkung ist nöthig, da die Anzahl der Schwebungen mit Annäherung an die Röhre sich ändert, vgl. auch Gripon l. c.

Uebertragung von Schwingungsenergie an die Stimmgabel hervorgerufene Reaction derselben gegen den Resonanzkasten die Absorption nicht überbieten kann. Machen wir die Absorption weniger intensiv, was wir dadurch erreichen, dass wir die Unisonität nur unvollkommen herstellen, so empfangen die Stösse, welche die Stimmgabel auf den Kasten ausübt, hinlängliche Kraft, um trotz der Absorption die Flamme im Tönen zu erhalten. Ist vollkommene Unisonität vorhanden, so zeigt sich die Wirkung der Stimmgabel eben nur darin, dass mit ihr erst in grösserer Nähe der Resonator total zu absorbiren im Stande ist.

Wirkte das combinirte System total absorbirend, so hört man es deutlich nachklingen. Die Absorption ist übrigens bei vollkommener Unisonität zwischen Flammenton und Resonanzsystem so gross, dass selbst bei angestrichener Gabel Absorption erfolgt, indem das Ausklingen der Gabel das Tönen der Flamme überdauert. Ein gewisser niedriger Grenzwert der Schwingungsintensität der Gabel ist nicht mehr hinreichend die Absorption zu compensiren.

Umfasst man die ruhende vertical nach unten gerichtete Gabel des Resonanzsystemes längs der ganzen Ausbreitung ihrer Zinken sanft mit beiden Händen und führt man also den Resonanzkasten mit nach oben gerichteten Boden, im Uebrigen aber, wie zuvor, horizontal an das obere Ende des tönenden Rohres, so findet man bei unvollkommener Unisonität (2—4 Schwingungen p. Skd.) keine Absorption, wie nahe man auch der tönenden Röhre kommen möge. Dabei sind die Schwingungen der sekundär erregten Gabel in den Händen fühlbar. Entfernt man sich nun wieder um einige Centimeter von der tönenden Röhre und drückt man dann plötzlich die Gabel mit beiden Händen kräftig zusammen ohne den Resonanzkasten zu verrücken, so tritt sofort totale Absorption ein. Es macht einen eigenthümlichen Eindruck, wenn man den Flammenton so unter dem Druck auf die Gabel erlöschen sieht.

Die Stimmgabel Mi_3 kann bei diesen Versuchen ohne Aenderung des Resultates durch die Gabeln Ut_3 und Ut_4 ersetzt werden. Aber nicht nur diese Gabeln, sondern überhaupt, wie

es scheint, beliebige festelastische, schwingungsfähige und nicht zu schwere Körper können, auf den Resonanzkasten an Stelle der Gabel Mi_3 gebracht, die tönenden Schwingungen der Flamme der Absorption des Kastens gegenüber unterhalten. So genügt es, nach Entfernung der Gabel Mi_3 , auf die Mitte des nach oben gewendeten Bodens des Resonanzkastens, der sich am oberen Ende der Röhre befindet, den Kugelresonator Mi_3 , und zwar mit offener oder mit geschlossener Spitze, zu stellen. Dann ist die Flamme, sollte sie nicht von selbst singen, durch Schlag auf einen dem unteren Ende der Glasröhre genäherten unisonen Kasten erregbar, und es bleibt die Röhre im Tönen, so lange der Kugelresonator an Ort und Stelle belassen wird. Man kann hierbei um so dichter mit der Röhre an den Resonanzkasten rücken, ohne Absorption zu erhalten, je stärker die Flamme brennt. Hebt man aber den Kugelresonator vom Resonanzkasten leise ab, so tritt sofort totale Absorption ein. Ein BELL'sches Telephon oder ein Schlüsselbund an Stelle des Kugelresonators zeigen beim Aufsetzen und Abheben, nur weniger vollkommen, das Nämliche. — Druck auf den sonst freien Resonanzkasten ersetzt das Auflegen von Körpern nicht.

Wenn die Flamme unter Beeinflussung des oberen Endes der Röhre durch das combinirte, aus Kugelresonator und Resonanzkasten bestehende System (KR) tönt, so kann man durch richtige Wahl des Röhrenabstandes vom Mittelpunkte der Resonanzkastenöffnung das Uebergewicht der Schwingung befördernden über die absorbirenden Momente ausserordentlich klein machen, so klein, dass Näherung anderer unisoner Absorbenten bereits in sehr grosser Entfernung totale Absorption erzeugt. So wirkt paradoxer Weise ein aus Bleiblech gefertigter Resonanzkasten, auf das im Uebrigen freie Röhrenende kaum merklich schwächend ein, selbst wenn man seine Mündung so nahe wie möglich rückt. Findet aber das Tönen unter Einfluss des Systemes (KR) statt, so absorbirt der Bleiresonator total, wie sonst der Holzresonator, wenn nicht noch besser, d. h. auf noch grössere Entfernung, während für den Holzresonator die Entfernung, in welcher er total absorbirend wirkt, auf das Doppelte und mehr gestiegen

ist. Mit Gabel bewaffnet kann man aber unter diesen Umständen den zweiten Resonator bis dicht an das obere Ende der Röhre führen, ohne dass Absorption eintritt. Nur die Tonhöhe wird dabei etwas gesteigert.

Man darf nach diesen Beobachtungen wohl unterscheiden:

1) einfache resonirende Systeme, die erzwungenes Mitschwingen ohne Nachtönen geben und die innerhalb gewisser Grenzen vorzugsweise absorbierend wirken; aperiodisirte Resonatoren möchte ich sie nennen*), und

2) zusammengesetzte resonirende Systeme, in denen bei dem Mittönen neben den absorbierenden elastische Kräfte geweckt werden, welche ein Nachschwingen ermöglichen, wodurch das System zeitweise als sekundärer Erreger mit übercompensirter Absorption wirken kann. Die optischen Analoga dieser letzteren Systeme wären die phosphorescirenden Körper.

Was die Intensität der Flamme**) betrifft, so ist Folgendes zu beobachten.

Bei vollkommener Unisonität wirken zwar die einfachen Resonatoren, d. h. die Resonatoren ohne Gabel und ohne besondere schwingungsfähige Aufsätze, stets absorbierend, aber bei starker Intensität des Tones geschieht die totale Absorption erst in grösserer Nähe, als bei schwacher

*) s. Arthur Christiani: Ueber die Resonanz aperiodisirter Systeme. Verh. d. Berl. physiolog. Ges. 1878—79, p. 86-93 (du Bois-Reymond's Archiv) und Wiedemann, Beiblätter 1879, p. 580.

**) Vollkommene Unisonität lässt sich an Röhren erwähnter Art (s. oben pag. 1 Anmkg.) bei verschiedenen Höhen der Flamme über dem unteren Ende der Röhre erreichen. Je höher man mit der Flamme geht, desto mehr Gas hat man durch Oeffnen des Hahnes zuzuführen, desto länger wird die Flamme, desto stärker auch der Ton, dem sich aber mit zunehmender Erhebung der Flamme bald Raubigkeiten hinzugesellen, wobei die Flamme Kräuselungen erhält. Letztere Erscheinung zeigt die obere Grenze der Brauchbarkeit des Apparates an. Die untere Grenze ist durch diejenige tiefste Stellung der Flamme gegeben, bei welcher ein nicht sehr starker aber sehr reiner Ton, und ein von Kräuselungen freies Flammenbild entsteht.

Flamme. Ist die Unisonität unvollkommen (s. p. 5) so tritt die Absorption noch mehr zurück; man kann dann bei starker Flamme mit dem Resonator so nahe an das obere Röhrende gehen, dass derselbe in der gewöhnlichen Weise, also deutlich schallverstärkend, wirkt. Man kann dabei mit Holzkästen etwa bis auf einen, mit dem Kugelresonator bis auf etwa ein und einen halben Centimeter Abstand vorrücken. Es pflegt erst bei noch kleineren Abständen die Verstärkung des Tones in totale Absorption umzuschlagen. Die Verstärkung weicht aber einer partiellen, bez. auch einer totalen Absorption, wenn ein zweiter Resonator genähert wird.

Bemerkenswerther Weise erlischt der Ton bei starker Flamme und unvollkommener Unisonität wenn die Kästen mit Gabeln genähert werden. Aber bei starker Flamme und vollkommener Unisonität tönen die Resonanzkästen mit Gabeln unter kaum merklicher Abschwächung des Tones und unter Absorption etwa vorhandener Rauigkeiten dauernd mit, während bei schwächerer Flamme und vollkommener Unisonität das Ueberwiegen der Absorption sich darin zeigt, dass mehr oder minder schnelles Abklingen erfolgt und zwar unter Vorangang einiger Schwebungen, wenn die Gabel vorher erregt war.

Untersuchen wir schliesslich die Absorptionswirkung des Resonanzkastens in verschiedenen Lagen zum tönenden Rohre, so finden wir bei sehr vollkommener Unisonität, dass der Kasten ohne Gabel auch in der verticalen Lage dicht neben und über der Röhre absorbirt, aber schwächer, als in der horizontalen Lage. Mit der Gabel ist in verticaler Lage meist gar keine Wirkung vorhanden. Bei unvollkommener Unisonität wirken die verticalen Stellungen unvollkommen oder gar nicht. Die horizontalen Ebenen in der Höhe des offenen oberen oder unteren Endes der tönenden Pfeife enthalten die Stellen stärkster Absorption. Bringt man in der oberen Horizontalebene zwei gleiche absorbirende Resonanzkästen so an, dass das offene Ende des tönenden Rohres symmetrisch liegt zu

den Oeffnungen der Resonatoren, wobei die mittleren Längsaxen der Resonatoren in der horizontalen Ebene beliebig gegeneinander gerichtet sein können, so wirkt keiner der beiden Kästen absorbirend, sondern es findet sogar, wenn man bis dicht an die Röhre gelangt ist, Verstärkung des Tones Statt. Tritt nun ein dritter Resonator z. B. der Kugelresonator hinzu, so wirkt derselbe absorbirend. Nähert man die beiden Resonanzkästen, von denen der eine auch durch den Kugelresonator ersetzt werden kann, dem oberen Ende asymmetrisch, so findet ebenfalls Absorption Statt, falls beide Resonatoren völlig unison miteinander sind. Sind sie letzteres nicht, so darf man denjenigen von ihnen dem Rohre näher bringen, welcher von der Unisonität mit dem Rohre am meisten abweicht, oder welcher aus anderen Gründen, also namentlich wegen vorhandener, bezüglich daran angebrachter, nachschwingender Theile, schwächer absorbirend wirkt.

Auf eine theoretische Deutung der hier mitgetheilten Thatsachen kann erst eingegangen werden, wenn nach anderer Seite hin von mir geplante und zum Theil schon angestellte Untersuchungen noch mehr Licht über diese merkwürdigen Erscheinungen verbreiten.

