

Zeitschrift  
für den  
**Physikalischen und Chemischen Unterricht.**

XI. Jahrgang.

**Drittes Heft.**

Mai 1898.

**Neue Versuche mit dem Differential-Thermoskop.**

(Zweite Folge.)

Von

Prof. Dr. Looser in Essen.

104. Nachweis, dass die Abkühlung eines Gases bei Druckverminderung der Differenz des Anfangs- und Enddruckes proportional ist<sup>1)</sup>. In Versuch 28 (d. Zeitschr. VIII 297) ist ein besonderes Glasgefäß, der in ein weiteres Rohr eingeschmolzene Receptor (Fig. 12) angegeben, durch den schon mittelst weniger Kolbenhübe der Luftpumpe, oder auch mittelst der Wasserluftpumpe die bei Verdünnung bzw. Verdichtung der Luft verbrauchte bzw. erzeugte Wärme sich nachweisen lässt. Die dabei auftretenden Differenzen sind zwar ausreichend, um die Thatsache an sich experimentell darzuthun, reichen aber nicht aus, um den für die kinetische Gastheorie so wichtigen Versuch auszuführen dass die Abkühlung des in einem Raume enthaltenen Gases von der Differenz des Anfangs- und Enddruckes abhängt, d. h. dieser Druckdifferenz direkt proportional sei. (RIECKE, Lehrbuch der Exp.-Phys. II 379.) Es müssten deshalb grössere Gefäße von 4, 8 und mehr Litern Inhalt, sowie grössere Receptoren benutzt werden, was sich leicht erklärt, wenn man bedenkt, dass der weitaus grösste Teil der Wärme an die im Verhältnis zu den naturgemäss dünnwandigen Receptoren sehr grossen Gefäßwände der Flasche abgegeben wird. Wenn im folgenden auch nicht die genaue Proportionalität erreicht wird, so zeigen die Versuche doch zunächst eine Zunahme der Abkühlung mit wachsender Druckdifferenz, sodann ergiebt sich noch ein wichtiger Vergleich des in die Atmosphäre, bzw. in einen luftleeren Raum ausströmenden comprimierten Gases.

Zur Anstellung der Versuche ist es erforderlich, den grossen cylindrischen, mit Ansatzrohr für den Thermoskopschlauch versehenen Receptor *r* (Fig. 1 rechts) durch einen nicht zu kurzen Gummistopfen hindurchgehen zu lassen; *a* wird mit dem Schlauche des Thermoskops verbunden. Gleichzeitig geht durch eine zweite Durchbohrung ein Kniestück, mit Glashahn oder Schraubenquetschhahn verschliefbar. Durch eine dritte Öffnung führt man irgend ein Manometer *L* oder, wenn solches besonders vorhanden, ein Ansatzstück für dasselbe ein. Am bequemsten sind (schon des Transportes wegen) kleine Metallmanometer mit Rohransatz. Wenn man sich der weiter unten beschriebenen Me-

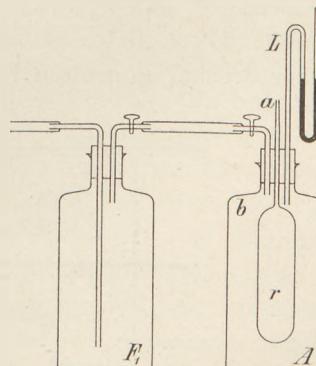


Fig. 1.

<sup>1)</sup> Zu dem hier mitgeteilten Versuche wurde Verfasser von Oberlehrer Dr. Meyer am Realgymnasium zu Köln angeregt. Die dazu nötigen Flaschen mit Manometern etc. sind durch Robert Müller, Glasbläserei in Essen zu beziehen.

thode der Compression durch die Wasserleitung bedienen kann, ist auch das Manometer noch entbehrlich. An der zur Compression dienenden Flasche  $A$  muss der Gummistopfen mit Bindfaden mehrfach verschnürt sein, was für Drucke bis zu 2 Atm. genügt. Verfasser benutzt einen Verschluß durch Schrauben, welche eine Metallplatte auf den Gummistopfen und Flaschenhals fest andrücken. Eine ebenso-große Flasche  $F_1$ , sowie eine doppelt so große  $F_2$  wurden zum Evakuieren entsprechend eingerichtet und bedürfen dieser Vorsichtsmassregel nicht, doch muss selbstverständlich ein anderes Manometer zur Verwendung kommen. Zum Evakuieren genügt eine Wasserluftpumpe; die des Verfassers gestattete eine Entleerung bis zu 23 mm Druck, der im folgenden vernachlässigt und als Druck von 0 Atm. bezeichnet wird. Es zeigen nun zunächst vermittelst dieser Flaschen die beim Verdichten bzw. Verdünnen der Luft erzeugten bzw. verbrauchten Wärmemengen in viel deutlicherer Form als in dem oben erwähnten Versuche 28 (VIII 297.). Die weit wichtigeren zum besseren Verständnis der adiabatischen Zustandsänderungen dienenden Versuche, die sich nunmehr bequem anstellen lassen, sind jedoch folgende:

1. Die kleinere Flasche  $A$  wird entweder durch Compressionspumpe oder bequemer auf die S. 107 Anm. beschriebene Art mit Luft von 2 Atmosphären Druck gefüllt. Nach Abkühlung der durch Compression erwärmteten Luft wird der Hahn des Kniestocks geöffnet, die Luft entweicht und das Thermoskop zeigt eine Abkühlung um 30 mm.

2. Die kleinere Flasche wird mit Luft von 2 Atm. gefüllt, die zweite gleich-große  $F_1$  evakuiert. Die Kniestücke werden durch Druckschlauch verbunden. Nach dem Temperaturausgleiche lässt man die comprimierte Luft in die gleichgroße luft-leere Flasche strömen. Die Abkühlung am Thermoskop beträgt (mit höchstens 1 bis 1,5 mm Unterschied) — 30 mm.

3. Die kleinere Flasche  $A$  wird mit Luft von 2 Atm. gefüllt, die doppelt so große  $F_2$  evakuiert, im übrigen wie in 2. verfahren. Die Abkühlung in der Flasche  $A$  beträgt am Thermoskop ungefähr 36 bis 38 mm.

4. Die kleinere Flasche  $A$  wird mit Luft von 2 Atm. gefüllt, die beiden andern Flaschen  $F_1$  und  $F_2$  evakuiert und durch T-Stück gleichzeitig mit der Compressionsflasche  $A$  verbunden, so dass also die Wirkung dieselbe ist, wie wenn letztere mit einer dreimal so großen Flasche verbunden wäre. Ausschlag 45 mm<sup>2</sup>).

#### Übersicht der Hauptversuche.

	Verw. Flasche	Inhalt in Litern	Luftdruck in Atm. zu Anfang des Vers.	Enddruck	Ausschlag in mm
1	$A$ Atmosphäre	4	2	1	— 30
2	$A$   $F_1$	4 4	2 0	1	— 30
3	$A$ $F_2$	4 8	2 0	$\frac{2}{3}$	— 37
4	$A$ $F_2 + F_1$	4 12	2 0	$\frac{2}{4}$	— 45

<sup>2)</sup> Die Versuche sind mehrfach wiederholt und auf der Philologenversammlung in Dresden im Oktober 1897 in der physikalischen Sektion genau mit denselben Ergebnissen vorgeführt worden.

Stellt man ohne Compression die Versuche unter 2., 3., 4. mit einer Flasche mit gewöhnlicher Luft einerseits und denselben evakuierten Gefäßen andererseits an, so ergeben sich die Ausschläge wie folgt, den obigen in 2., 3., 4. entsprechend:

5. 13 bis 15 mm, 6. 17 bis 20 mm, 7. 22 bis 23 mm.

Es wurde außerdem noch die kleine Flasche *A* wie in 2. mit comprimierter Luft von 2 Atm. gefüllt und mit einer gleichen Flasche *B*, die gewöhnliche Luft enthielt, verbunden. Der Ausschlag betrug

8. 13 bis 15 mm, also dasselbe wie in 5.

Durch 2., 3., 4. sowie durch 5., 6., 7. ergibt sich als Thatsache, dass die Abkühlung des comprimierten Gases um so größer ist, je größer das angeschlossene evakuierte Gefäß ist, d. h. je mehr die Anfangs- und Enddrucke verschieden sind.

Aus 1. und 2. geht hervor, dass bei gleichem Enddrucke (1 Atm.), also gleicher Differenz, dieselbe Abkühlung, derselbe Wärmeverbrauch statt hatte, einerlei, ob das Gas an die Atmosphäre ausströmt oder in einen leeren Raum. Z. B. würde dieselbe Temperatur-Differenz sich ergeben bei Compression auf 3 Atm. und Verbindung mit einer doppelt so großen evakuierten Flasche, wie wenn die auf 3 Atm. comprimierte Luft in die Atmosphäre ausströmt.

Endlich zeigt sich bei 5. und 8. dieselbe Abkühlung bei gleicher Anfangs- und Enddruckdifferenz, denn bei 5. ging der Druck von 1 auf  $\frac{1}{2}$  Atmosphäre, bei 8. von 2 auf  $\frac{3}{2}$  Atmosphären.

Entsprechend dem größeren Wärmeverbrauch auf der einen Seite (*A*) war die Temperaturerhöhung auf der anderen Seite geringer, d. h. bei Versuch 2 am größten, bei 4 am kleinsten. Man kann den ganzen Vorgang besser verstehen, wenn man ihn in einzelne Phasen zerlegt denkt. Zunächst werde wie in 2. eine kleine Flasche *A* mit comprimierter Luft an eine ebensogroße evakuierte *B* angeschlossen. Es ergibt sich eine Temperaturerniedrigung einerseits, eine Erhöhung andererseits (die stets etwas größer ausfällt als das minus bei der ursprünglich comprimierten Flasche), wie sich oben zeigte um 30 mm. Wird jetzt eine zweite evakuierte Flasche *C* noch an *B* angeschlossen, so wirkt diese auf beide Flaschen noch weiter verdünnend, druckvermindernd, ein, dann giebt *A* noch einen weiteren Teil der Wärme ab (geht wie in Versuch 3 auf 37 mm Differenz), und die in *B* erzeugte Wärme wird wieder zum Teil abgegeben an *C* und zum Teil aus *A* ersetzt, oder mit anderen Worten: die in *A* verbrauchte Wärme verteilt sich auf *B* und *C*; ebenso würde nun beim Anschluss einer neuen evakuierten Flasche aus *A* abermals Luft herausgezogen und Wärme verbraucht, allein diese Wärmemengen werden immer kleiner, da die Anfangs- und Enddruckdifferenz bei jedem Anschlusse geringer wird. Bei einem Anfangsdrucke von 2 Atm. ist der Enddruck bei Anschluss einer Flasche  $\frac{1}{2}$ , bei Anschluss von 2 Flaschen  $\frac{2}{3}$ , von 3 Flaschen  $\frac{3}{4}$  Atm. und diesen Differenzen entsprechend ist der Wärmeverbrauch. So kann man sich klar machen, dass je größer die evakuierte Flasche ist, um so mehr Wärme in *A* verbraucht wird, und auch weniger Wärme verbraucht wird als bei Anschluss einer gleichgroßen Flasche oder, was (Vers. 1 und 2) dasselbe ist, beim Anschluss an die Atmosphäre<sup>3)</sup>.

<sup>3)</sup> Die Compression der Luft in der Flasche *A* auf 2 Atm. kann, wenn Wasserleitung vorhanden ist, auf sehr einfache und bequeme Weise bewerkstelligt werden. Die Anordnung ist in Figur 1 angegeben. Man verbindet *F'*, eine beliebige, doch wo möglich größere Flasche als *A*, durch deren Gummistopfen 2 Glasrohre gehen, mit der Wasserleitung, indem man den Druckschlauft an das längere Rohr anschließt. Beträgt der Inhalt der beiden Flaschen (nach Abrechnung des Receptors *r*) *n* Liter, so hat man nur nötig,  $n/2$  Liter Wasser in die größere Flasche einlaufen zu

Bei der aus den Lehrbüchern gewonnenen Auffassung von Arbeitsleistung würde man wohl zunächst erwarten, dass das Gas, das keinen Luftdruck zu überwinden hat (Vers. 2, 3, 4), weniger Wärme verbrauchen müsse als das dem Luftdrucke entgegenarbeitende. Fafst man aber die geleistete Arbeit so auf (Anordnung mit mehreren gleichgroßen Flaschen), dass das Gas immer mehr Arbeit leisten muss, um sich erst auf  $\frac{1}{2}$ , dann auf  $\frac{3}{2}$ , dann auf  $\frac{4}{2}$  etc. Atmosphären durch Abstoßen eines weiteren Luftquantums zu bringen, so wird das Ergebnis verständlich. Verfasser wird sich über diesen Punkt gern von berufenerer Seite belehren lassen. Jedenfalls erscheint der Versuch von Joule, der einen Metallbehälter evakuierte und in einem gleich grossen die Luft auf 22 Atm. comprimierte, in einem anderen Lichte. Die Summe der erzeugten und verbrauchten Wärme braucht (abgesehen von kleinen sich der Beobachtung entziehenden, aus der Theorie folgenden Differenzen, vergl. RIECKE, Vorlesungen an der oben angezogenen Stelle) nicht darum gleich Null zu sein, weil das Gas aus dem einen Behälter in einen luftleeren fließt, wobei stets betont wird, dass es dabei keine Arbeit leiste. Die algebraische Summe würde auch (abgesehen von oben angeführten Differenzen) gleich Null sein, wenn in dem einen Behälter 22, in dem andern beispielsweise 10 Atm. wären.

105. Verhältnis der vom el. Strome geleisteten Arbeit zur Wärme. In die Kapsel  $a$ , die wie bisher mit Alkohol bis zum Teilstroiche 20 angefüllt ist, wird eine Platinspirale  $p$  eingeführt. Man lässt nun den Strom der Stromquelle  $S$  (Fig. 2) durch die Spirale und durch eine nicht zu kleine Dynamomaschine  $D$  gehen, so wie sie vielfach als Spielzeug auf den Markt gebracht wird, und wählt die Stromstärke so, dass trotz

des Widerstandes in  $a$  die Maschine lebhaft rotiert. Die in  $a$  erzeugte Wärme ist dann sehr gering, die Flüssigkeitssäule des Thermoskops geht nur langsam herauf, beginnt aber lebhafter zu steigen, sobald man die kleine Maschine durch ein zwischenklemmtes Holzstück still hält. Die jetzt nicht in Arbeit verwandelte Energie wird dafür in Wärme verwandelt.

Wenn das Steigen längere Zeit gedauert hat (eventuell setzt man die Flüssigkeitssäule wieder auf 15 zurück) empfiehlt es sich, die Maschine wieder laufen zu lassen, die Säule geht dann prompt zurück, um beim Anhalten sofort wieder zu steigen u. s. w. Vielleicht zieht mancher Experimentator vor, zuerst das Verschwinden der Wärme bei Arbeitsleistung zu zeigen. Man hat dann nicht nötig, den Strom erst sämtliche Wärme erzeugen zu lassen, sondern bringt, nachdem man den Hahn des Manometers geöffnet, erwärmten Alkohol in die Kapsel. Wie weit man erwärmen muss ( $40-50^\circ$ ), lehrt die einmalige Anstellung des Versuches in der obigen

lassen. Man bezeichnet sich die Stelle mit einer Marke und ist dann sicher, in der Flasche  $A$  stets denselben Druck zu erzielen, worauf es in erster Linie ankommt. Als Manometer empfiehlt sich ein kurzes Luftdruckmanometer  $L$ , dessen abgesperrte Luft nach dem Mariotteschen Gesetze den Druck erkennen lässt. Das des Verfassers sperrte eine ungefähr 12 cm lange Luftsäule ab; (eine häufig gestellte Aufgabe für die Schüler ist es, den Stand des Quecksilbers im geschlossenen Schenkel bei 2 Atm. zu berechnen). Durch unvermeidliche Unschärfen wird er nicht genau erreicht. Es kommt aber bei den beschriebenen Versuchen lediglich darauf an, dass in allen Fällen derselbe Überdruck erzielt werde. Bei stets gleichmässigem Einleiten des Druckwassers kann man sogar bald am Thermoskop den Punkt merken, an dem die Compression auf 2 Atm. erreicht ist.

Es empfiehlt sich, an den Kniestücken (Druck-) Schlauchenden zu befestigen und diese erst durch Zwischenstück zu verbinden, dann erst die zum Ausgleich dienenden Hähne zu öffnen. Man operiert dann sicherer und die Gefahr, die Hahnstücke abzubrechen, ist geringer.

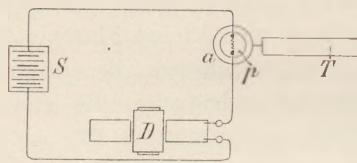


Fig. 2.

Form. Man zeigt dann erst, dass bei stillstehender Dynamomaschine der Strom die Wärme noch vermehrt (ob er die ganze Wärme selbst produziert hat oder nicht, ist ohne Belang) und beim Betriebe der Maschine durch den Strom sofort Wärme verschwindet. Verfasser bringt sogleich erwärmten Alkohol in die Kapsel und setzt, während die Maschine läuft, so lange auf 15 zurück, bis Ab- und Zugang der Wärme gleich sind, dann steigt das Thermoskop sofort, wenn die Maschine still steht. Verfasser ist der Ansicht, dass bei Ermittlung des Trägheitsmomentes und der Umdrehungsgeschwindigkeit einerseits und der erzeugten Wärmemenge andererseits sich das mechanische Wärmeäquivalent annähernd berechnen lassen wird.

#### Nachweis des Jouleschen Gesetzes für Drähte und Flüssigkeiten.

106. Unterschiede der Wärmeentwicklung in Platin- und Silberdrähten. Durch Versuch 51 (vergl. diese Zeitschrift VIII 300) wurde die Richtigkeit des Jouleschen Gesetzes für Drähte gleicher Beschaffenheit (Platin), deren Längen sich wie 1:2 verhalten, nachgewiesen. Es liegt nahe, auch die Änderungen in der Entwicklung der Wärme zu zeigen, die in der spezifischen Leistungsfähigkeit begründet sind. Man hat nur nötig, in Versuch 51 den 30 cm langen, in die mit ca. 22 cm Alkohol gefüllte Kapsel tauchenden Platindraht durch einen Silberdraht oder Kupferdraht von gleichem Durchmesser in denselben Länge (15 cm) zu ersetzen. Bei Silber ist der Ausschlag am Thermoskop kleiner als ein Viertel des durch den Widerstand des Platins hervorgerufenen (spez. Widerstände 0,94:4,1).

107. Um den Einfluss der Dicke der Drähte auf die Erwärmung zu ermitteln, wird statt des Silberdrahtes ein doppelt so starker, gleich langer Platindraht eingeschaltet. Die Wärmemengen verhalten sich dann sehr nahe wie 1:4 (Untersuchungen von LENZ über einen in Alkohol getauchten Stromteil). Man ziehe die Spirale so aus, dass sie so tief wie möglich in den Alkohol hineinragt.

108. Scheinbar dem vorigen Ergebnisse widersprechender Versuch bei aufeinanderfolgender Einschaltung eines dünnen bzw. dickeren Drahtes in denselben Stromkreis. Sobald durch Versuch nachgewiesen ist, dass die Wärme in einem Drahte, der doppelt so dick ist als ein anderer, nur ein Viertel der durch jenen erzeugten Wärme ist, dass diese aber caeteris paribus dem Quadrate der Stromstärke proportional ist (siehe Versuch 111), lässt sich im Anschluss an den Versuch 107 ein sehr lehrreicher, gewissermaßen zur Kontrolle des Verständnisses dienender Versuch anstellen, dessen Erklärung eine hübsche Denkaufgabe enthält. Man lässt den Strom erst 3 Minuten lang durch die dünne Platinspirale von 15 cm gehen. Die Flüssigkeitssäule steige dann (Ergebnis des Verfassers) um 6 cm. Dann nimmt man die Zuleitungsdrähte ab und führt den Strom durch die bei Vers. 107 benutzte ebenso lange, aber doppelt so dicke Spirale, die schon in die 2. Kapsel eintauchte, so wird nach 3 Minuten die Differenz etwa 18,5 sein (von 15 bis 30 und zurück von 15 bis 18,5). Wie erklärt sich dies nach Versuch 107, wo die im stärkeren Drahte erzeugte Wärme  $\frac{1}{4}$  der anderen war? Als Stromquelle wurden 2 hintereinander geschaltete Akkumulatorenzellen benutzt.

109. Einfluss der Temperatur des Leitungsdrahtes auf die an einer anderen Stelle des Stromkreises erzeugte Wärme. Ohne nähere Beschreibung wird sich zeigen lassen, dass in einer mit Alkohol (wie in den bisherigen Versuchen) gefüllten Kapsel mehr Wärme erzeugt wird, sobald man einen vorher eingefügten Widerstand ausschaltet. Es genügt eine der beigefügten Platinspiralen (die Wärme verteilt sich auf beide Spiralen). Der Versuch könnte selbstverständlich und daher

überflüssig erscheinen; er trägt aber dennoch, wie Verfasser gefunden, zur Klärung der Begriffe von den Vorgängen im Stromkreise bei. Lehrreicher ist der folgende Versuch.

Man setzt wieder in die Kapsel  $a$  eine 15 cm-Spirale aus Platin in 22 ccm Alkohol, während man die andere gleiche Spirale einfügt, jedoch nicht in Alkohol eintaucht. Schliesst man jetzt den Strom (2 Akk.), so wird in  $a$  viel Wärme erzeugt, doch kommt nach mehrfachem Herabsetzen die Flüssigkeitssäule zum Stehen. Nun taucht man die zweite Spirale gleichfalls in irgend ein nicht zu kleines mit Alkohol oder auch Wasser gefülltes Becherglas. Es beginnt jetzt die vorher stationäre Flüssigkeitssäule wieder zu steigen (nach den Beobachtungen des Verfassers um 3 bis 4 cm). Man zeigt also hier, dass die Temperatur der zweiten Spirale auf die Stromstärke, also auch auf die erzeugte Wärme von Einfluss ist. (Die der zweiten Spirale entzogene Wärme vermehrt die Wärmeabgabe des Stromes, trotzdem erscheint in  $a_1$  mehr Wärme, weil der kältere Draht weniger Widerstand bietet, der Strom sich also verstärkt.)

Der Unterschied in den Wärmemengen bei Parallelschaltung etwa zwier Elemente und bei Hintereinanderschaltung lässt sich nach dem bisher Mitgeteilten leicht zeigen.

110. Die Wärme des Induktionsstromes. Der aus einem Induktor von 18 cm Funkenlänge kommende Induktionsstrom hatte auf eine eingeschaltete in Alkohol tauchende Platinspirale keine durch das Thermoskop ersichtliche Wärmewirkung. Als Stromquelle dienten 5 hintereinander geschaltete Akkumulatorenzellen.

111. Es erübrigts nachzuweisen, dass die in einem Stromteil hervorgebrachte Wärmemenge dem Quadrate der Stromstärke proportional ist. Man hat hier nicht nötig, sich zwei gesonderte Ströme zu verschaffen, sondern benutzt mit Vorteil die Stromverzweigung. In d. Zeitschr. IX 288 wurde von Herrn P. MEUTZNER bereits auf diese auch in JAMIESON-KOLLERT, *Elemente des Magnetismus und der Elektrizität*, angegebene Anordnung aufmerksam gemacht. Verfasser wurde bereits vorher durch Prof. W. Steinbrinck (Lippstadt) auf Stromverzweigung hingewiesen. Der Nachweis lässt sich auf zwei verschiedene Arten erbringen. Die erste Anordnung gibt Fig. 3 im Grundriss.

Man lässt in  $a$  (Fig. 3) unter den in Vers. 106 angegebenen Bedingungen eine Platinspirale  $p$  von 15 cm Länge, in  $a_1$  eine doppelt so lange  $p_1$  in Alkohol tauchen. Der

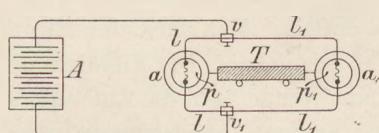


Fig. 3.

Strom verzweigt sich, wie in der Fig. 3 ersichtlich, bei  $v$  und  $v_1$ . Macht man nun, was leicht zu erreichen, die von den Verzweigungsstellen nach  $a_1$  gehenden Leitungsdrähte von Klemme zu Klemme noch doppelt so lang als die nach  $a$  gehenden Stücke, so ist in dem Stromteil  $v a_1 v_1$  der Widerstand genau doppelt so groß als in dem Stromkreise

$v a v_1$ , die Stromstärke in jenem also nur die Hälfte. Nach dem Jouleschen Gesetze, demzufolge die in einem Stromteil erzeugte Wärmemenge dem Quadrate der Stromstärke proportional ist, muss also die erzeugte Wärme nur ein Viertel der im anderen hervorgerufenen sein; da aber der eingetauchte Stromteil hier doppelt so groß ist, so ergiebt sich nach Vers. 52 nur die Hälfte. Die Thatsache ist augenfällig, dass jetzt in der größeren Spirale, wo bei Versuch 52 die doppelte Wärmemenge erschien, nur die Hälfte der in der anderen Kapsel erzeugten zum Vorschein kommt.

Diese Anordnung hat den Vorteil, dass der Versuch mit den bereits als Nebenapparaten für Versuche vorhandenen Spiralen ausgeführt werden kann. Auch folgende

Anordnung liefert gute Ergebnisse. Man lässt unter übrigens gleichen Verhältnissen in jede Kapsel  $a$  und  $a_1$  gleich lange Spiralen (15 cm) eintauchen und schaltet außerdem noch in den Kreis  $v a_1 v_1$  eine 3. Spirale oder einen Platindraht derselben Dicke von 15 cm ein. Dann verhalten sich die Wärmemengen in  $a$  und  $a_1$  ziemlich genau wie 4 : 1.

112. Nachweis des Jouleschen Gesetzes für Flüssigkeiten. In Vers. 52, diese Zeitschr. VIII S. 300, wurde bereits die Methode kurz angedeutet, wie das Gesetz der Wärmeerzeugung durch den elektrischen Strom für Flüssigkeiten nachzuweisen sei. Es genügen die dort gemachten Angaben. Wir bringen nun, nachdem die Versuche zum Abschluß gelangt, Zeichnung und Beschreibung der erforderlichen Elektroden<sup>4)</sup>.

Zwei Kupferplatten  $b$  und  $c$  (Fig. 4) sind mit möglichst starken Kupferdrähten vernietet. Letztere sind zum Schutze gegen die Flüssigkeit mit Glasröhren umgeben. Zwischen Draht und Glasrohr ist Paraffin eingelassen. Die obere Elektrode  $b$  sitzt fest im Kork, während die untere  $c$  leicht verschiebbar sich sowohl durch Kork als durch die obere Platte  $b$  bewegt. Man füllt die Kapseln  $a$  mit konzentrierter Lösung von Kupfervitriol<sup>5)</sup> und lässt am besten den Strom an der oberen Platte eintreten. Auf der einen Seite lässt man die Elektroden 2 cm, auf der andern 4 cm von einander abstehen (oder auch 1½ bzw. 4½). Die Oberflächen derselben sind, wie ein Blick auf die Figur zeigt, fast ganz gleich, da der nicht wirkenden Durchgangsstelle an der oberen Platte die gleichfalls außer Wirkung bleibende Ansatzstelle an der unteren Platte entspricht.

Läßt man jetzt einen kräftigen Strom (10—12 Volt) durch die hintereinander geschalteten Zellen (Fig. 4) durchgehen (Verfasser benutzte ein 4 zelliges Akkumulatorensystem, da der Widerstand der beiden Flüssigkeitssäulen ziemlich gross ist), so verhalten sich die Ausschläge genau wie 1 : 2 bzw. 1 : 3.

Bem. Wenn nach 2 Minuten kein vergleichbares Ergebnis, Steigen der Säulen um wenigstens 1 und 2 bzw. 1 und 3 cm vorhanden, so ist der Strom zu schwach. Die daraus folgende längere Dauer des Versuches würde durch die ev. Änderungen der Temperatur des Hörsaales das Ergebnis trüben.

Ganz entsprechend dem Versuche für Drähte (111) lässt sich in derselben Anordnung wie dort Fig. 3 durch Stromteilung zeigen, dass die Wärme dem Quadrate der Stromstärke proportional ist. Man sorge nur, dass etwa rechts die äusseren Widerstände und die in der Zersetzungszelle (Abstände der Platten) das Doppelte von links eingeschalteten Widerständen sind, so ergibt sich genau das der Theorie entsprechende Verhältnis. Die Säule rechts steht jetzt im Gegensatz zum vorigen Versuche genau halb so hoch als links.

Nach dem Gebrauche sind die Elektroden sorgsam abzuspülen und zu trocknen. Bei späterem Gebrauche wird dann wohl durch nicht vermeidliche Oxydationen oder andere chemische Veränderungen das Ergebnis etwas getrübt. Man lässt dann, ehe man die Hähne des Thermoskops schließt, den Strom eine Weile hindurch-

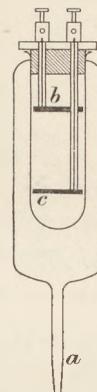


Fig. 4.

<sup>4)</sup> Dieselben sind durch Robert Müller, Gläsbläserei in Essen zum Preise von 12 M. für beide Paar zu beziehen.

<sup>5)</sup> Von anderer Seite wurde dem Verfasser während der Drucklegung dieses Aufsatzes eine jetzt für elektrochemische Zwecke vielfach verwendete Lösung von folgender Zusammensetzung vorgeschlagen: 15 g Kupfersulfat, 5 g Schwefelsäure, 5 g Alkohol, 100 g Wasser. Ein Versuch ist noch nicht damit gemacht worden.

gehen. Durch probeweises Schließen findet man bald den Punkt, wo die sekundären Wirkungen aufhören und das exakte Verhältnis in den Wärmemengen wieder hergestellt ist.

113/114. Nachweis der Gesetze über die Erwärmung dünner Drähte durch den Entladungsschlag einer Leydener Batterie.

Wie beim Rießschen Luftthermometer wird (Fig. 5) eine Glaskugel  $S$  von ungefähr 8 cm Durchmesser an zwei diametral gegenüberliegenden Stellen durchbohrt und an einer dritten Stelle mit einem Rohransatz  $a$  versehen. Durch die beiden Löcher werden zwei in Kugeln endigende starke Messingdrahtstücke gut isoliert und luftdicht eingeführt, die durch einen feinen Platinspiraldraht (nach Rieß ungefähr 13 cm lang, 0,08 mm dick) innerhalb der Kugel mit einander verbunden sind. An dem Rohr-

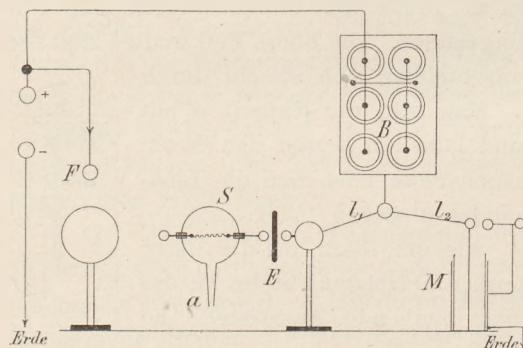


Fig. 5.

ansatz ( $a$ ) wird der Schlauch des Thermoskopes angesteckt. Die Anordnung des Versuches kann auf folgende Weise geschehen: der eine Pol (+) einer Influenzmaschine wird mit dem inneren Belege einer Leydener Batterie verbunden, der andere zur Erde abgeleitet. Vom äusseren Beleg der Batterie ( $B$ ) geht einerseits eine Leitung  $l_2$  nach dem inneren Beleg einer Massflasche ( $M$ ), deren äusserer Beleg zur Erde abgeleitet ist. Andererseits ist er unter Einschaltung des Platinspiraldrähtes ( $S$ ) und eines Funkenziehers  $F$  mit dem Pole (+) der Maschine verbunden.

Man misst nun durch die Anzahl der Entladungen der Massflasche die Stärke der Batterieladung und schliesst dann mit dem Funkenzieher plötzlich den Stromkreis.

Bei dieser Versuchsanordnung ergaben sich recht gute Resultate, wenn verhindert wurde, dass während der Ladung der Batterie Influenzelektrizität II. Art durch den Platindraht hindurchging. Man kann dies leicht dadurch erreichen, dass man zwischen Platindraht und äusseren Beleg eine kleine Funkenstrecke einschaltet, in die man während der Ladung eine Ebonitplatte ( $E$ ) hält. Im Augenblicke der Entladung wird die Platte weggezogen. Außerdem ist nach jedem Versuche die Batterie sorgfältig zu entladen. Es mögen hier die Ergebnisse zweier Versuchreihen angeführt werden.

Anzahl der Batterieflaschen	Anzahl der Massflaschenentladungen	Ausschläge in Skalenteilen (cm) des Thermoskopes	
		I. Versuch	II. Versuch
5	15	1	1,2
5	30	4,2	5
5	45	9,2	11
5	20	1,8	1,9
4	20	2,4	2,6
3	20	3,4	4
2	20	4,4	4,8

Hierdurch sind für Schulversuche mit hinreichender Genauigkeit zwei wichtige Rießsche Sätze bewiesen, nämlich, dass die Temperaturerhöhung des Metalldrahtes in dem

Schlüssungsbogen dem Quadrate der in der Batterie enthaltenen Elektrizitätsmenge direkt, der Oberfläche der Batterie umgekehrt proportional ist<sup>6)</sup>.

115. Die Erzeugung von Wärme durch Schütteln von Quecksilber, wie sie Tyndall zuerst mittelst seiner empfindlichen Thermosäule gezeigt hat, lässt sich mit sehr einfachen Mitteln bewerkstelligen. Man bringt in die Kapsel (a) einige ccm Quecksilber, verschließt dieselbe mit Gummistopfen und klemmt die Kapsel in einen möglichst langen Halter. Nachdem man den Schlauch angeschlossen, lasse man das Ganze einige Zeit liegen. Schüttelt man jetzt das Quecksilber in der Kapsel heftig etwa eine Minute lang, so treibt man die Flüssigkeitssäule über ein Centimeter hinauf. Sehr geeignet ist dazu ein besonderer Apparat von der Form der nebenstehenden Fig. 6 aus Jahrgang VIII 297<sup>7)</sup>). Der innere Cylinder ist verschlossen und enthält das Quecksilber, der äußere ist an das Thermoskop angegeschlossen und kann auch sofort ein für alle mal mit Holzgriff zum Schütteln versehen sein. Der letztere darf nicht zu kurz genommen werden, weil sonst die Wärme der an der Hand vorbeistreichenden Luft das Ergebnis trübt. Man ziehe in diesem Falle derbe Fausthandschuhe an. Daß die Reibung des lebhaft bewegten Gummischlauches nicht mitwirkt, bekundet ein einfacher Controlversuch. Man klemmt den Schlauch mittelst Halters zu und schüttelt in derselben Weise, so wird man keine Veränderung bemerken. In ähnlicher Art weist man nach, daß die Reibung des Glases an der Luft keinen Einfluß hat.

116. Nachweis, daß die Temperatur des aus siedenden Salzlösungen aufsteigenden Wasserdampfes die Temperatur der siedenden Lösung hat. Bekanntlich hatte RÜDBERG aus seinen Versuchen den Schluss gezogen, daß die Temperatur des aus siedenden Salzlösungen entweichenden Wasserdampfes dieselbe sei, wie die des aus reinem Wasser sich entwickelnden Dampfes. REGNAULT wies den begangenen Fehler nach, er zeigte, daß an der Thermometerkugel sich Wasser kondensiert, daß also nur die Temperatur des die Kugel umgebenden siedenden reinen Wassers gemessen wurde. Seine eigenen Beobachtungen litten indessen noch an dem Fehler, daß das Thermometergefäß nicht ganz gegen das durch Condensation gebildete herabinnende Wasser geschützt war. Erst MAGNUS verhinderte die Condensation dadurch, daß er das Thermometer erst auf die Temperatur der siedenden Flüssigkeit erhitzte. Der umständliche Apparat ist zu einfachen Demonstrationszwecken ungeeignet. Die folgende für Thermometer und Thermoskop geeignete Methode ermöglicht die vorherige Erwärmung und Verhinderung der Condensation auf einfache Weise. Es läßt sich dann leicht der Nachweis liefern, daß Lösung und Dampf (sehr nahe) gleiche Temperatur haben. Die Anordnung besteht darin, den Wärmerreceptor erst in die siedende Salzlösung eintauchen zu lassen, darauf letztere so weit zu entfernen, daß die Kugel des Receptors nunmehr sich über der Flüssigkeit im Dampf derselben befindet. Zur Ausführung dient der nebenstehende Apparat (Fig. 7). In einer Kochflasche mit möglichst weitem Halse tauchen der Receptor r und ein Heberrohr b gleich tief ein; durch den Hals geht dann noch



Fig. 6.

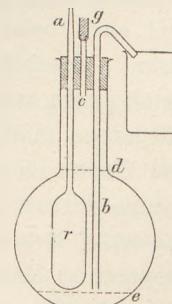


Fig. 7.

<sup>6)</sup> Die hier beschriebenen Versuche welche, auf der Philologenversammlung in Dresden vorgeführt wurden, sind dem Verfasser von Dr. Hans Lohmann freundlichst mitgeteilt und für die vorliegende Abhandlung zur Verfügung gestellt worden.

<sup>7)</sup> Zu beziehen durch Robert Müller, Glasbläserei in Essen, für 9 M., mit Holzgriff für 13 M., Apparat Fig. 7 zu 5 M.

ein kurzes, durch Gummischlauchstück und Quetschhahn (mit Schraube) verschließbares Glasrohr *c*. Man füllt bis *d* mit concentrierter Kochsalzlösung und bringt dieselbe zum Sieden. *a* ist während dessen schon mit dem Schlauche des Thermoskops verbunden, den man für diesen Versuch zweckmässig doppelt so lang nimmt, um das Thermoskop möglichst abrücken zu können. Der Hahn bleibt bis zum Eintreten des Siedens offen, und wird erst endgültig geschlossen, wenn kein Steigen mehr erfolgt. Schliesst man, ohne die (etwas verkleinerte, nur zur Unterhaltung des Siedens ausreichende) Flamme wegzunehmen, den Quetschhahn bei *g*, so tritt nunmehr durch den eigenen Dampfdruck die Salzlösung in ein hochgestelltes Gefäß. Dasselbe muss hochstehen, weil sonst durch Verlängerung des Ausflusstückes der Heber *b* schon während des Siedens selbstthätig wirken würde. Der Flüssigkeitsspiegel sinkt bis *e*, sodass sich Receptor nunmehr im Dampf befindet, ohne dass ein Teil des Rohres, wie es etwa beim Herausziehen aus der Flüssigkeit der Fall gewesen wäre, mit kälterer Luft in Berührung tritt. Der Indikator zeigt dann eine nur geringe Temperaturerniedrigung (1 bis 1,5 cm). Die Flüssigkeit hat die Temp. 108,4. Wäre die Annahme Rüdbergs richtig, so müfste die Säule um mehr als 10—12 cm herabgehen.

Noch eine andere Anordnung ermöglicht denselben Versuch. Wenn man nämlich den Receptor *r*, (eine der mit Schrot gefüllten Kapseln), mittelst Gummischlauches von derselben Dicke, wie er für das Thermoskop verwertet wird, mit dem Ansatz *a* verbindet und durch *c* einen mit dem Halse von *r* verbundenen Draht einführt (*b* wird dann überflüssig), so kann man *r*, falls der Hals lang genug ist, innerhalb der Flasche aus der Flüssigkeit in den Dampf heben, ohne dass irgend ein Teil durch Herausziehen sich abkühlt.

**117. Abhängigkeit des Siedepunktes der Flüssigkeiten vom Druck.** Das Sieden bei verminderterem Druck wird meist durch den bekannten Versuch in einer Kochflasche gezeigt, die umgekehrt und mit kaltem Wasser übergossen wird. Nicht jedes Glas hält diese plötzliche Abkühlung aus. Ein Anhalt über das Mass der Temperaturabnahme fehlt. Verfasser bedient sich, um die Erscheinung zu zeigen, folgender Anordnung, die zugleich ein Sieden unter gewöhnlichen Bedingungen, d. h. mit untergesetzter Flamme gestattet und die Constanze des neuen Siedepunkts gleichfalls erkennen lässt. Man füllt den Bauch einer ca. 1 Liter fassenden, lang- und weithalsigen Flasche (Fig. 7) mit Wasser, sodass der durch den 3 fach durchbohrten Gummistopfen gehende erweiterte Teil des Receptors *a* ganz mit Wasser bedeckt ist und auch beim Sieden möglichst gar kein Wasser in den Hals tritt. Das gebogene Rohr *b*, das bei diesem Versuche ganz kurz ist, und eben unter den Gummistopfen hinübergagt, wird nun mittelst dickwandigen sog. Vakuumschlauches mit der Wasserluftpumpe in Verbindung gesetzt. Sobald (vergl. Vers. 94, diese Zeitschr. IX 271) das Wasser constanten Siedepunkt am Thermoskop zeigt, lässt man die Wasserluftpumpe wirken, ohne die Flamme wegzunehmen. Um aber über dem Wasser eine constante Druckverminderung zu haben, setzt man jetzt in die dritte Öffnung des Stopfens (*c*) eine Capillare, so tritt bald ein Druckgleichgewicht ein, die Flüssigkeitssäule des Thermoskops geht auf die dem vermindernden Druck entsprechende Höhe herab. Hat man den Apparat einmal zu diesem Zwecke vorgerichtet, so erfordert der Versuch nur wenig Umstände. Natürlich kann man ihn auch so anstellen, dass man die Flamme wegnimmt und die dritte Öffnung durch einen Glassstab ab und zu eine Zeitlang schliesst. In diesem letzteren Falle bleibt die Implosionsgefahr bei zu weitgehender Druckverminderung dieselbe wie bei dem gewöhnlichen eingangs erwähnten Versuche. Doch kann man bei der eben beschriebenen Anordnung dickeres

Glas verwenden (da ja auch die plötzliche Abkühlung wegfällt) und dann den Versuch ziemlich weit treiben.

118. Erniedrigung des Gefrierpunktes durch Salze. In Vers. 96 (diese Zeitschr. IX 271) wurde die Möglichkeit angedeutet, bei einer in Eis getauchten Kapsel nach Eintreten der Constantz der Flüssigkeitssäule durch aufgestreutes Kochsalz das weitere Sinken der Temperatur zu beobachten. Der Versuch lässt sich noch auf verschiedene Art abändern. 1. Man kühlst durch längeres Einsetzen in Schnee eine Kochsalzlösung sowie Wasser auf Null Grad ab, nachdem man vorher in beide je eine mit Schrot beschwerte Kapsel als Receptor eingeführt. Dann wirft man in beide Flüssigkeiten einige Stücke Eis. Die Salzlösung kühlst sich weiter ab, das Wasser nicht (oder nur wenig). 2. Man bringt in zwei möglichst enge Bechergläser, oder in die zum Decken der Kapsel *a* dienenden cylindrischen Gläser zwei Schrotkapseln und füllt mit Wasser bzw. halb gesättigter Kochsalzlösung, beide von der Zimmertemperatur, nach. Dann setzt man beide Gefäße in eine Kältemischung (Schnee und Kochsalz). Die Temperatur sinkt jetzt so lange, bis sich Eis bildet, was aber bei der Kochsalzlösung viel später eintritt. 3. Ähnlich wie in Versuch 40 (diese Zeitschr. VIII 298), vielleicht auch im Anschluss an diesen Versuch bringt man in die eine Kapsel (a. a. O. Fig. 16) gekochtes Wasser, in die andere ebensoviel gesättigte Kochsalzlösung und verfährt im übrigen genau wie dort. Will man noch grösere Sicherheit betreffs des gleichmässigen Gasdrucks für beide Kapseln haben, so bediene man sich eines T-Rohres. Man arbeitet dann stets unter gleichen Bedingungen. Da aber die Skala für den Versuch mit Kochsalzlösung nicht ausreicht, so setzt man beide Flüssigkeitssäulen erst auf 30. Man erreicht dies leicht, indem man durch den Schlauch vor dem Ansetzen die Indikatorflüssigkeit so weit als möglich in die oberen Erweiterungen treibt, den Schlauch mit dem Finger zusrückt und nun an die Kapsel anschliesst. Durch vorsichtiges langsames Öffnen des Hahnes kann man dann die Flüssigkeitssäule auf einen beliebigen Teilstrich einstellen. Die Eisbildung erfolgt je nach Zimmertemperatur für Wasser bei Teilstrich 15 bis 18, bei der gesättigten Kochsalzlösung noch nicht bei Teilstrich 7 bis 10. Auch wenn man gesättigte Lösung, zur Hälfte mit Wasser verdünnt, verwendet, erfolgt noch keine Eisbildung, wohl aber mit Mischung 1:2. Desgleichen weist man auch wie in Versuch 40 bei Wasser Unterkühlung mit langsamer Eisbildung nach.

Man beachte, dass sich nicht die Gasleitungsröhre in der mit Äther gefüllten Kapsel (Fig. 16) durch gefrierenden Wasserdampf verstopft.

119. Wärme bei Vermehrung der Disgregation. Die Lösungswärme ist um so gröfsen, in je mehr Wasser ein Salz gelöst wird, weil die Moleküle des festen Salzes dabei ja auf um so gröfsere Entfernung gebracht werden. Direkt lässt sich dies schwer zeigen, weil ja die Menge des Lösungsmittels in Betracht gezogen werden muss. Man kann aber die Richtigkeit des Satzes dadurch nachweisen, dass man eine konzentrierte Lösung von Ammoniumchlorid oder Kalisalpeter in eine zu  $\frac{3}{4}$  mit Wasser gefüllte Kapsel (*a*) gießt. Der erneute Wärmeverbrauch bei der Disgregation zeigt sich deutlich an.

120. Absorption von Wärmestrahlen durch Gase. Das aus Nickelblech angefertigte, im Innern stark spiegelnde Rohr *r* (Fig. 8) ist seitlich durch 2 Steinsalzplatten *s s<sub>1</sub>*, wie sie bereits bei den früher mitgeteilten Versuchen über strahlende Wärme zur Verwendung kamen, abgeschlossen. Dieselben sind durch je zwei Gummisechnüre oder federnde Blechstreifen an einen Kreisring aus Gummi angepresst, welcher auf dem angelöteten Randstücke des Metallrohrs liegt. Dadurch wird ein hinlänglich dichter Verschluss erzielt. Der Röhre gegenüber steht im Abstande von 1 bis 2 cm die be-

rüsste Halbkugel (*b*), am andern Ende im Abstande von 2 bis 3 cm die Wärmequelle (*d*) für dunkle Strahlen. Durch deren Einwirkung steigt (vergl. Vers. 89, d. Zeitschr. IX 269) die Flüssigkeitssäule so hoch, dass man sie wohl in den meisten Fällen auf 15 herabsetzt. Oder besser noch, man wartet bei geöffnetem Hahn, bis beim Schliessen die Flüssigkeit nicht mehr steigt. Leitet man jetzt an der unteren Seite durch den Schlauch *g* Leuchtgas ein, so sinkt nach kurzer Zeit die Flüssigkeitssäule 2 bis 3 cm. Auch Ammoniak giebt eine starke Differenz, Kohlensäure nur geringe. Die Einleitung

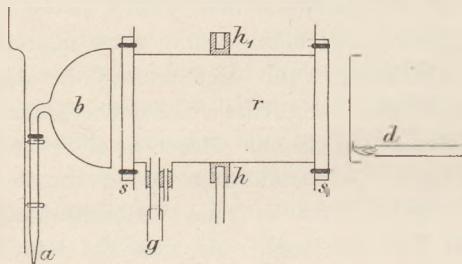


Fig. 8.

von Ammoniakgas kann nach der in Versuch 122 auf folg. Seite angedeuteten Methode erfolgen, indem man Luft mittelst eines Blasebalgs durch Ammoniaklösung streichen lässt. Für Kohlensäure kehrt man das Rohr um, sodass *h*<sub>1</sub> nach unten kommt. Zu diesem Zwecke ist oben gleichfalls ein Gewinde zum Einschrauben des in den Halter passenden Stiftes. Neben *g* ist noch ein

zweites Rohrstück zum Abfluss der Gase. Nach dem Versuche werden die Steinsalzplatten abgenommen und trocken aufbewahrt. Sehr gut bewährt sich, die Platten in eine Pappschachtel zu legen und diese in einer zweiten gröfseren aufzubewahren.

Es sei hier gleich bemerkt, dass seit Erscheinen der oben citierten Versuche über strahlende Wärme die in Figur 1 (d. Zeitschr. IX 265) angedeuteten Wärmequellen *d* und *g* für leuchtende und dunkle Strahlen eine Abänderung in der Ausführung erhalten haben. Beide Quellen sind in einem Brenner (Fig. 9), der sehr sauber

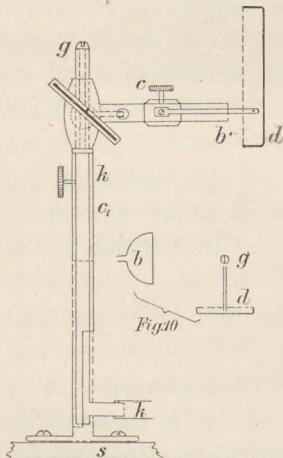


Fig. 9 u. 10.

in vernickeltem Messing ausgeführt ist, kombiniert. Ein Dreiegehahn (die Bohrung ist in der Zeichnung weggelassen) führt das Gas nach Belieben zum Schnittbrenner *g* oder zur dunklen Quelle *d*. Die berufste Metallplatte ist durch die Schraube *c* gegen die Öffnung der aus *b* austretenden kleinen Bunsenflamme verschiebbar. Da für dunkle Strahlen die Quelle *d* höher gestellt werden muss, so ist bei *c*<sub>1</sub> eine Schraube angebracht, die gestattet, das Gasrohr *k* in beliebiger Höhe festzuhalten. Ein im äusseren Rohre angebrachter Schlitz lässt dann zu, dass gleichzeitig das innere Rohr um einen rechten Winkel gedreht wird. Wenn nämlich der Schnittbrenner gebraucht wird, so steht das Rohr *b* des Bunsenbrenners rechtwinklig ab, wird beim Gebrauche höher gestellt und gleichzeitig um 90° zurückgedreht (siehe die mit denselben Buchstaben bezeichnete Skizze), beides

in einem Handgriffe. Auf dem Griffe des auf beiden Seiten angebrachten Hahnes ist die Bohrung des inneren Teiles durch Einkerbung angegeben<sup>8)</sup>.

121. Wie bereits (d. Zeitschr. X 288) von MEUTZNER angegeben wurde, lässt sich vermittelst des Thermoskops auch sehr schön die Ausdehnung des Glases bei Erwärmung von Flüssigkeiten nachweisen. Man hat nur nötig, eine mit Wasser gefüllte Literflasche mit einem Gummistopfen zu verschließen, dessen Bohrung eine

<sup>8)</sup> Durch die Ausführung der 2 Doppelbrenner in vernickeltem Metall, sowie durch Hinzufügung des Apparates Fig. 7, Glimmerplatten, Glasplatten, Aluminiumschirm, Kerzenhalter, stellt sich der Preis des durch die Firma Robert Müller, Glasbläserei in Essen zu beziehenden Apparates für strahlende Wärme jetzt auf 240 M.-

an den Schlauch des Manometers passende Glasröhre enthält. Statt die Flasche in heißes Wasser zu tauchen, zieht Verf. es vor, dieselbe an einem Halter über dem Abguss zu befestigen und nun ab und zu einen Strahl heißen Wassers aus einem Kessel mit Ausguss darüber zu gießen.

122. Wärme bei chemischer Verbindung zweier Gase. Die Möglichkeit, Luft beim Durchströmen von Ammoniaklösung hinreichend mit Ammoniakgas zu sättigen, führte dazu, an Stelle des in Versuch 48 (d. Zeitschr. VIII 300) beschriebenen Apparates (Fig. 19) einen noch handlicheren zu setzen (Fig. 11). Durch ein weites Rohr *c* geht, an den Enden eingeschmolzen, ein Kugelrohr, während das erstere eine mit dem Schlauche des Thermoskops zu verbindende Spitze (*a*) trägt. Man leitet nun an der einen etwas verjüngten Stelle *r* Kohlensäuregas ein und beobachtet dabei den Flüssigkeitsstand des Thermoskops. Dies geht bei einigermaßen langem (50 cm) Zuleitungsschlauch kaum 2 mm herauf. Schiebt man nun in die andere Seite ein dünnes Glasrohr *r<sub>1</sub>* ein und bläst dem Kohlensäurestrom Ammoniak entgegen, am besten wie früher gezeigt, durch Einblasen von Luft durch conc. Ammoniaklösung, so verbinden sich die beiden Gase in der letzten Kugel direkt zu kohlensaurem Ammoniak, das sich in schönen Krystallnadeln in dem trockenen Kugelrohre absetzt. Die dabei erzeugte Wärme ist genügend, um in sehr kurzer Zeit die Flüssigkeitssäule um 8 bis 9 cm steigen zu lassen. Die Verbindung geht bei *r* vor sich, die dadurch erwärmten Gase müssen aber sämtliche Kugeln durchstreichen, ehe sie bei *e* entweichen können. Man lasse daher das Ammoniakgas in mäsigem Strome eintreten. Dafs die Ammoniakflüssigkeit sich im Laufe des Versuches etwas abkühlt (siehe Vers. 102, d. Zeitschr. IX 273), erhöht nur die Beweiskraft des Experimentes. Wer andererseits die Erwärmung der Luft durch die Hand fürchtet, drücke *b* mittelst eines Brettchens auf den Tisch. Da aber der Ausschlag so groß ist, kommt keiner der beiden (sich zudem ausgleichenden) Einflüsse zu merklicher Wirkung.

Bei Benutzung von Stickstoffoxyd und Luft ist der Ausschlag so stark, dass man die Flüssigkeitssäule wohl wenigstens einmal herabsetzen muss. Man lässt in diesem Falle das Gas einfach rechts in die Kugelröhre strömen, so entstehen sofort die bekannten roten Dämpfe. Da das Gas bei der Entbindung aus Kupfer und Salpetersäure warm ist, so lässt man es erst durch ein längeres Glasrohr streichen, in dem es die Zimmertemperatur annimmt. Will man ein Übriges thun, so giebt man dem Rohr an einer Stelle eine U-förmige Einbiegung und stellt diese Stelle in kaltes Wasser. Der starke und sehr rasch erfolgende Ausschlag zeigt übrigens dem Zuhörer zur Genüge, dass die angezeigte Wärme nicht direkt vom Gase herrühren kann. Wenn man viel Salpetersäure und wenig Kupfer nimmt, ist die direkte Erwärmung nur unbedeutend.

Wer dennoch diesen Umstand vermeiden will, ohne eine besondere Kühlvorrichtung einzuschlieben, verfahre folgendermassen: Man leite so lange *NO* durch, bis die roten Dämpfe verschwunden sind, dann verschließe man das Kugelrohr und blase erst bei vollständiger Abkühlung (Stillstand der Flüssigkeitssäule) mittelst des Gummiballes und des Rohres *r r<sub>1</sub>* langsam Luft ein.

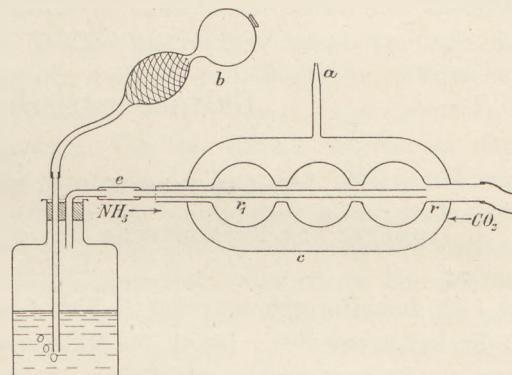


Fig. 11.

123. Die unter No. 31 (d. Zeitschr. VIII 297) mitgeteilte Erwärmung von Kleiderstoffen durch Absorption von Gasen gestaltet sich noch einfacher mittelst der Ammoniakentwicklung auf kaltem Wege, wie sie auf vor. Seite angedeutet wurde. Man umwickelt ein Glasrohr mit Wollstoff so, dass es sich eben noch in die Kapsel zwängen lässt. Man treibt nun mittelst eines Blasebalges Luft durch das Rohr, welche vorher durch Ammoniaklösung gegangen ist, so zeigt sich eine sehr deutliche Erwärmung.

Diese Art der Ammoniakentwicklung kann man auch zu Versuch 29 (Absorptionswärme, d. Zeitschr. VIII 297) gebrauchen an Orten, wo etwa kein Leuchtgas ist, oder wie bei öffentlichen Vorträgen, der Gebrauch des Leuchtgases mit Schwierigkeiten verknüpft ist.

## Galvanometrische Hilfsapparate.

Von

Prof. Dr. Friedrich C. G. Müller in Brandenburg a. H.

### I. Apparat zur Bestimmung des spezifischen Leitungswiderstandes der Metalle.

In dem Hartgummideckel *E* (Fig. 1) sind am Rande durchgehende Klemmen *C* im Kreise angeordnet. Durch die Mitte geht die 8 mm starke Messingstange *A*, welche oben als Klemmschraube ausgebildet ist, unten eine Scheibe *B* aus starkem Kupferblech trägt. In die unteren Enden von *C*, sowie in die Scheibe *B*, sind die zu untersuchenden Metalldrähte *D* gelötet. *B* hat radiale Ausschnitte, damit beim Einlöten eines Drahtes die vorher gemachten Lötungen nicht wieder aufgehen. Die Drähte sind durch dasselbe Loch gezogen, 0,3 mm dick und 300 mm lang. Für den Unterricht genügen 4 Stück aus Kupfer, Messing, Eisen, Manganin. Wer ein Übriges thun will, kann noch 2 bis 4 Klemmen mehr anbringen lassen, etwa mit Silber, Platin, Nickel, Neusilber. Das ganze System kommt in einen Glaszyllinder mit destilliertem Wasser.

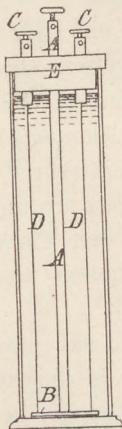


Fig. 1.

Beim Beginn der Widerstandslehre werden die Messungen selbstverständlich nach der Substitutionsmethode ausgeführt, wobei das Wagegalvanometer (diese Zeitschr. XI) im Verein mit dem Trommelrheostaten wohl alle anderen Galvanometer an Bequemlichkeit und Schärfe übertreffen dürfte. Wenn man parallel geschaltete Akkumulatoren als Stromquelle benutzt, sind bei 2—3 Ampère die Resultate bis auf Viertelprozente richtig, und zwar nach den Ablesungen, die alle Schüler von ihren Plätzen aus machen können.

Jede Bestimmung dauert nur 2 Minuten.

Vor Beginn der Versuche überreicht man das System den Schülern und lässt mittels des Schraubenmikrometers die Drahtstärken nachmessen.

Bei unserem Apparate werden bei 18° gefunden: Für den Kupferdraht 0,070, für Messing 0,337, für Eisen 0,525, für Manganin 1,53 Ohm. Auch die Schüler erhalten dieselben Zahlen, wenn man sie die Versuche selbständig wiederholen lässt.

Sehr gut lässt sich die Abhängigkeit des Widerstands von der Temperatur mittels des Apparats zeigen und quantitativ bestimmen. Hebt man nach Einstellung des Galvanometers das System aus dem Cylinder, so fällt bei Kupfer, Messing, Eisen

die Stromstärke ganz bedeutend infolge der Erwärmung durch den Strom selbst, nicht aber beim Manganin. Es bedarf noch der Erwägung, ob nicht die Temperatur der Drähte auch innerhalb des Kühlwassers in störender Weise steigen kann. Durch Versuche habe ich festgestellt und zeige das auch vor der Klasse, dass unterhalb 3 Ampère die Widerstände bei schwachen und stärkeren Strömen gleich gefunden werden. Die nämlichen Werte giebt auch die Brückennmethode mit schwachen Momentanströmen. Bei 3 Amp. wird der Einfluss der Erwärmung soeben merklich, bei 5 Amp. giebt der Eisendraht 0,59 statt 0,525. Die Störung scheint zum Teil von Gasbläschen herzuröhren, welche an dem Drahte erscheinen und zweifellos von der im Wasser gelösten Luft stammen.

Im Anschluss an die letzten Auseinandersetzungen dürfte noch eine Bemerkung theoretischer Natur am Platze sein. Bücher und Lehrer geben an, dass ein bestimmter Draht bei der nämlichen Temperatur auch einen bestimmten elektrischen Widerstand hat. Beispielsweise hat ein Quecksilberfaden von 1 qmm Querschnitt und 1063 mm Länge bei 0° 1 Ohm Widerstand. Von der Stärke des Stroms wird dabei aber nichts gesagt, als sei es selbstverständlich, dass der Widerstand von der Stromstärke unabhängig ist. Das ist aber nichts weniger als selbstverständlich und erst recht nicht, wenn man den Widerstand als eine Art Reibung des elektrischen Fluidums an den Molekülen des Leiters erläutert. Sind doch die Schüler bereits mit der Thatsache bekannt, dass der Widerstand von Wasser und Luft sehr schnell mit der Geschwindigkeit wächst. Deshalb gelingt es auch nicht, durch hydraulische Modelle das ganze Ohmsche Gesetz darzustellen. Eine mit feinem Bleischrot gefüllte, fingerdicke Glasröhre lässt nicht etwa bei doppelter Druckhöhe die doppelte Menge Wasser ausfliesen, sondern etwa das 1,6 fache.

Die Unabhängigkeit des Widerstands von der Stromstärke ist also lediglich eine durch Erfahrung festgestellte Thatsache. Streng genommen kann sie nicht durch eigentliche Widerstandsmessungen erhärtet werden, sondern folgt aus der Proportionalität von Stromstärke und Spannungsdifferenz. Auf theoretische Erörterungen über das Wesen des Stromes näher einzugehen, empfiehlt sich bei dem heutigen Stande unserer Erkenntnis nicht.

## II. Apparat zur Bestimmung des spezifischen Widerstands von Elektrolyten.

Der an seinen Enden gerade abgeschliffene, etwa 5 cm weite Glascylinder *A* (Fig. 2), z. B. der Cylinder eines Argand-Gasbrenners, ist unten durch eine Kupferblechplatte *B* lose geschlossen, welche von 4 aufgebogenen federnden Lappen *H* gehalten wird. Durch den aus einer ebenen Holzscheibe und darunter gekittetem Kork gebildeten Deckel *C* geht mit einiger Reibung ein 3 mm starker Messingdraht mit der Anode *D*. Das Ganze kommt in ein passendes Batterieglas nebst der zu untersuchenden Flüssigkeit. Man zieht die Anode zunächst ziemlich hoch, stellt den Rheostaten auf Null und das Wagegalvanometer auf 1—2 Ampère. Dann schiebt man *D* um 2,5 bzw. 5,0 cm hinab und schaltet soviel Rheostatendraht ein, bis das Galvanometer wieder einsteht.

Um diese geringe Verkürzung der Flüssigkeitssäule genau zu messen, schneidet man aus Messingblech Endmaßstäbe von 25 und 50 mm Länge, etwa von der in Fig. 4 bei *F* gezeichneten Form.

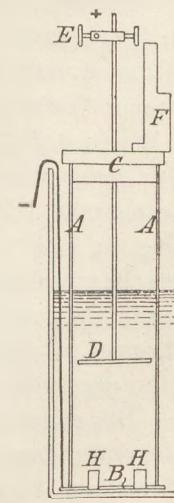


Fig. 2.

Man stellt den Maßstab dicht vor den Anodendraht und bringt die Zuleitungsklemme *E* zum Aufliegen. Vor Beginn der Versuche wird sowohl der Maßstab als auch der Cylinder *A* den Schülern zum Nachmessen überreicht.

Man hat 2 Anoden, die eine aus amalgamiertem Zinkblech, die andere für Kupfervitriol aus Kupferblech.

Man thut zuerst destilliertes Wasser in den sehr gut ausgespülten Apparat und zeigt, daß es sich wie ein Nichtleiter verhält. Dann fügt man einen Tropfen Schwefelsäure hinzu und constatiert deutlichen Stromdurchgang. Endlich fügt man 20 Prozent Schwefelsäure hinzu und führt die Messung in der angedeuteten Art durch. Bei unserem Apparat mit 46 mm Cylinderdurchmesser bieten 5 cm dieser Säure genau 0,5 Ohm Widerstand. Man muß wegen der Gasentwicklung den Apparat schräg stellen, damit sich nicht größere Blasen unter der Anode ansammeln.

Die Messungen sind bis auf 1 Prozent genau, dauern je 2 Minuten und gelingen auch den Schülern ohne weiteres aufs beste.

Der Apparat kann natürlich so nicht für Salpetersäure verwendet werden; dazu müßte man Platin- oder Kohle-Elektroden beschaffen. Es dürfte aber wohl die Prüfung von 20prozent. Schwefelsäure und konzentrierter Kupfervitriollösung genügen. Die Hauptsache ist, daß die Schüler eine Vorstellung von der Größenordnung des Widerstands der in galvanischen Elementen am meisten angewendeten Elektrolyten bekommen. Das gute Leitungsvermögen der Salpetersäure wird später beim Vergleich der Bunsenkette mit der Daniellschen doch offenbar.

### III. Über den Gebrauch des Knallgasvoltameters.

Der Hauptzweck der Voltameter beim Unterricht ist die Bestätigung der elektrolytischen Grundgesetze und die Feststellung des elektrolytischen Äquivalents, bzw. die Nachprüfung der Ampéremesser. Es handelt sich also um messende Experimente und für diese ist, abgesehen von den allgemeinen Erfordernissen jeden Schulversuchs, eine geradezu wissenschaftliche Genauigkeit anzustreben. Die Fehlergrenze kann und sollte bei galvanometrischen Versuchen unbedingt unter 1 Prozent bleiben. Quantitative Versuche werden nur durch ihre Präcision eindrucksvoll und fesselnd, richten den Blick des reiferen Schülers auf das, was hinter den Erscheinungen liegt, und weihen ihn ein in den Geist der echten Naturforschung. Um nun die Fehlergrenze der Voltameter und die Versuchsdauer thunlichst herabzusetzen, muß man mit Strömen von 5 und mehr Ampère arbeiten. Die große Zahl der in der Literatur und den Preislisten verzeichneten Mikrovoltameter kann somit für den Unterricht kaum in Betracht kommen, abgesehen davon, daß sie wegen der sekundären Vorgänge nur als Wasserstoff-, nicht als Knallgasvoltameter genau sind. Das Knallgasvoltameter sollte demnach mit Platinplatten von mindestens 10 qcm Größe in einer kleinen Zersetzungszelle ausgerüstet sein. Auf die besondere Construction der Zelle kommt es wenig an, falls nur die Bleche so steif oder so versteift sind, daß eine Veränderung ihres gegenseitigen Abstandes ausgeschlossen ist. Ich habe die in Fig. 3 sichtbare Anordnung gewählt; der Hahn *H* dient dazu, die Säure aufzusaugen und nach dem Gebrauch wieder abzulassen. Durch mehrfaches Aufsaugen von Wasser wird die Zelle ausgespült.

Die eigentliche Schwierigkeit bei der Messung des Gasvolums liegt nun in der Temperaturcorrektion. Wir experimentieren ja in einem mit vielen Personen gefüllten Lehrzimmer, bei erheblichen und schnellen Temperaturänderungen. Ich habe nun seit Jahren alles mögliche versucht, um den gasometrischen Methoden für den Unterricht

diejenige Einfachheit, Schnelligkeit und Schärfe zu geben, die meinen Ansprüchen an das messende Schulexperiment genügt. Wenn es sich, wie in unserem Falle, um grössere Mengen im Wasser schwerlöslicher Gase handelt, leitet man das Gas am besten in eine Mariottesche Flasche und misst das verdrängte Wasser. Die Flasche aber wird in Wasser von Zimmertemperatur gestellt. Die in Fig. 3 wiedergegebene, denkbar einfachste und von jedem Lehrer leicht zusammenstellbare Anordnung hat sich bestens bewährt.

Eine gewöhnliche Arzneiflasche *A* von  $\frac{3}{4}$ —1 L. Inhalt steht, mit passenden Gewichten beschwert, in einem Hafenglase *B*, ganz in Wasser eingetaucht. Zu ihr gehört ein gut schlissender, doppelt durchbohrter Kautschukstopfen mit Röhren *CD* und *EF*. Die Enden *D* und *F* liegen in gleicher Höhe, so dass das Gas in der Flasche immer unter demselben Druck steht, wie die äussere Luft.

Vor dem Versuch ist *B* fast bis an den Rand mit Wasser von ungefährer Zimmertemperatur gefüllt; die Flasche steht leer daneben.

Mittels des Luftthermometers bestimmen wir die Temperatur des Wassers bis auf  $\frac{1}{10}$  Grad, allen Schülern sichtbar.

Hierauf gießt man aus dem Hafen die Flasche voll, stellt sie, mit dem Stopfen versehen, in den Hafen, verbindet *C* mittels Schlauch mit der Voltameterzelle und lässt den Strom auf einige Zeit hindurchgehen. Nun schliesst man die Öffnungen *C* und *F* und schüttelt die Flasche tüchtig. Nach dem Öffnen von *C* werden einige Blasen Luft eingezogen. Man schüttelt nochmals und sieht, dass das Wasser mit Knallgas gesättigt ist. Nach dieser, nur ein paar Minuten beanspruchenden, nebenbei lehrreichen Vorbereitung beginnt die eigentliche Messung.

Zum Messen des verdrängten Wassers dienen 100 ccm-Flaschen mit engem Halse, die außer der Hauptmarke noch solche für 99 und 101 cm haben. Die Kolben müssen bei  $17^{\circ}$  bis zur Marke genau 100 g Wasser fassen. Man macht die Schüler beim Auswägen darauf aufmerksam, dass bei  $16$ — $17^{\circ}$  die beiden Korrekturen wegen des Auftriebs der Luft und wegen der Volumvergrösserung des Wassers sich aufheben. Die Zeit wird durch Zählen der Schläge einer Pendeluhr bestimmt. Mit Rücksicht auf die unten mitgeteilten Zahlen sei bemerkt, dass das Pendel unserer Uhr 90 Schläge in der Minute giebt.

Wir verfahren nun wie folgt. Der Strom von 3 Akkumulatoren (3 : 2) geht durch das Voltameter, das Wagegalvanometer und den Rheostaten. Der Reiter wird z. B. auf 5 Ampère gehängt, die Wage zum Einspielen gebracht und durch kleine Verschiebungen des Rheostatenschlittens genau in der Nulllage gehalten. Auf einen bestimmten Pendelschlag rückt man das Fläschchen unter die Ausflussrohröffnung, zählt und zieht es, sobald die 99 ccm-Marke erreicht ist, auf einen vollen Pendelschlag wieder fort. Was an 100 fehlt oder darüber hinausgeht, wird mittels der Nebenmarken bis auf 0,1 ccm genau geschätzt. Durch diesen einfachen Kunstgriff finden wir die in einer Minute verdrängte Menge des Sperrwassers bis auf  $\frac{1}{4}$  Prozent genau.

Man beginnt mit der Bestätigung des ersten Gesetzes ohne Rücksicht auf die Korrekturen: Wenn der Reiter bei 2,50 hängt, läuft der Kolben genau in der doppelten Zeit voll, wie bei 5,00.

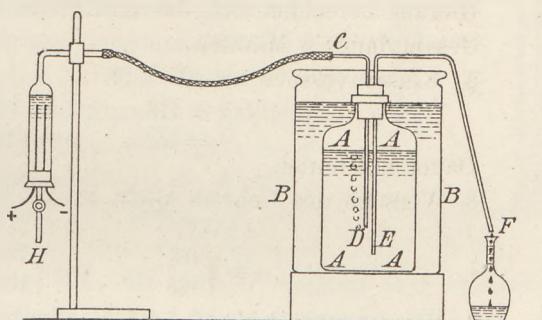


Fig. 3.

Die Galvanometerzeichung und die Bestätigung des zweiten Gesetzes geschieht unter Zuschaltung des Kupfervoltameters. Man lässt einen Strom von 5 Ampère 10 Minuten lang nach der Uhr laufen und misst während dieser Zeit in der soeben geschilderten Weise zweimal die Knallgasmenge.

Es möge nunmehr das Protokoll über unsere letzten Versuche folgen, woraus sich jeder experimentierende Fachmann selber ein Urteil über die Brauchbarkeit des ganzen Verfahrens bilden kann.

1. Klassenversuch am 8. I. 98.

$$\begin{array}{lll} b = 764 & t = 16,4 & J = 5,00 \\ n = 159 & v = 100,2 \text{ ccm.} & \end{array}$$

Hieraus berechnet sich das corrigierte Knallgasvolum für die Minute:  $v_1 = 52,9$ .  
Gesamtdauer 6 Minuten.

2. Klassenversuch am 12. I. 98.

$$\begin{array}{lll} b = 773 & t = 17,6 & J = 5,00 \\ n = 159 & v = 100,0 & v_1 = 53,0. \end{array}$$

Dauer 6 Minuten.

3. Versuch des Lehrers allein am 13. I. 98.

$$\begin{array}{lll} b = 777 & t = 15,7 & J = 5,00 \\ n = \left\{ \begin{array}{l} 162 \\ 163 \end{array} \right. & v = \left\{ \begin{array}{l} 100,1 \\ 100,4 \end{array} \right. & v_1 = \left\{ \begin{array}{l} 52,8 \\ 52,7. \end{array} \right. \end{array}$$

4. Klassenversuch am 12. I. 98. Knallgasvoltameter und Kupfervoltameter zugleich.

$$\begin{array}{lll} b = 773 & t = 16,3 & J = 5,00 \\ n = \left\{ \begin{array}{l} 160 \\ 161 \end{array} \right. & v = \left\{ \begin{array}{l} 99,2 \\ 99,7 \end{array} \right. & v_1 = \left\{ \begin{array}{l} 52,6 \\ 52,5 \end{array} \right. \\ \text{Kupfer vorher} & 21,546 & \\ - \quad \text{nachher} & 22,540 & \\ & \hline & 0,994 \end{array}$$

Gesamtdauer 20 Minuten.

Mittel für  $v_1$  aus allen Versuchen

$$\begin{array}{r} 52,9 \\ 53,0 \\ \{ 52,8 \\ 52,7 \} 52,75 \\ 52,6 \\ 52,5 \\ \hline 316,5. \end{array}$$

Die 52,75 ccm Knallgas enthalten 35,17 ccm  $\text{H}_2$ . Diese wiegen  $35,17 \times 0,0896 = 3,15$  mg. Es waren 99,4 mg Cu in der Minute ausgeschieden. Der Quotient  $99,4/3,15 = 31,55$  ist, wie es das zweite Gesetz verlangt, gleich dem halben Atomgewicht des Kupfers.

Da nun nach den genauesten Untersuchungen das Knallgasäquivalent des Ampère gleich 10,44 ccm p. Min. ist, würden unsere 52,75 ccm 5,05 Ampère entsprechen. Das Galvanometer zeigt also um 1 Prozent zu niedrig.

Das Kupferäquivalent ist nach den Lehrbüchern 19,7 mg p. Min. Darnach wäre unser Strom gleich  $994/197$ , also ebenfalls gleich 5,05 Ampère.

Die Reiter des Wagegalvanometers sind dementsprechend um 1 Prozent leichter gemacht worden.

#### IV. Ueber eine zweckmässige Form des Kupfervoltameters.

Das Kupfervoltameter hat, wie alle Gewichtsvoltameter, den grossen Vorzug, von Druck- und Temperaturcorrektionen unabhängig zu sein. Aber das Kupfer-

äquivalent einer Ampère-Minute beträgt nur 0,0197 g, weshalb man mit Strömen von mindestens 5 Ampère arbeiten muss, damit man schon nach 10 Minuten soviel Kupfer-niederschlag erzielt, um sein Gewicht mit einer besseren Tarierwage bis auf  $\frac{1}{2}$  Prozent genau bestimmen zu können. Die Kathode muss also mehrere qdm groß, trotzdem aber möglichst leicht sein.

Die folgende, vom Lehrer leicht zusammenstellbare Anordnung habe ich bestens bewährt gefunden. In Fig. 4 ist A ein cylindrisches Batterieglass von etwa 10 cm Weite und 15 cm Höhe. Man lässt darin auf dem Wasserbade eine wenige Millimeter hohe Schicht einer Wachs-Colophoniummischung schmelzen und stellt mitten eine Medicinflasche zu 500 g, B, hinein. So entsteht nach dem Erkalten des Kitts eine Zelle mit ringförmigem Querschnitt. Die Anode, ein cylindrisch zusammengebogenes Kupferblech, passt gelinde federnd über B. Die Kathode von etwa 13,5 cm Höhe und 28 cm Breite wird aus dünnstem Schablonenblech geschnitten. Sie legt sich vermöge ihrer Elasticität im gebogenen Zustand fest genug an die Innenwand von A. Ein daran gelassener fingerbreiter Lappen wird über den Rand des Glases gebogen und mit einer Klemme verbunden. Eine solche Kathode ist trotz ihrer 3,5 qdm nur 20 g schwer, was die genaue Wägung sehr erleichtert.

Man füllt die Zelle mit  $\frac{3}{4}$  gesättigter Lösung von reinem Kupfervitriol, der man noch 1 ccm reine Schwefelsäure hinzuzufügen hat. Der Widerstand der Zelle ist so gering, dass man mit parallel geschalteten Akkumulatoren auskommt. Wir experimentieren in der Regel unter Vorschaltung von 0,18 Ohm mit Strömen von 5 Ampère, da unser Trommelrheostat stärkere Ströme nicht gut verträgt. Die Stromschwankungen sind nur sehr gering, so dass man sich zur Regelung auch eines einfachen Drahts mit federnder Klemme bedienen kann. Durch einen Vorversuch weißt man die Rheostatenstellung, bei der das Wagegalvanometer einstehen wird, sodass man beim Beginn des Versuchs nur ganz kleine Abweichungen zu korrigieren hat, was in wenigen Sekunden geschehen ist. Ein Schüler hält die Stromstärke darauf bis zu der nach genau 10 Minuten erfolgenden Unterbrechung auf gleicher Stärke, sodass der Unterricht inzwischen weiter gehen kann.

Nach der Unterbrechung bringt man das Blech, es mit beiden Händen flach ausspannend, unter den Wasserhahn, presst es zwischen einigen Bogen Fließpapier, führt es in einem Abstande über einer Flamme hin und her und wählt eine Minute später. Kaum 5 Minuten nach der Stromunterbrechung ist das Resultat da. Ein günstiger Umstand ist der, dass die Gewichtszunahme nahezu ein Gramm beträgt, nämlich 0,985. Man hat also nur ein Gramstück zuzulegen und den 0,1 g-Reiter um 1—2 Striche rückwärts zu schieben.

Die Resultate sind sehr genau und unbedingt zuverlässig. Beide Seiten der Kathode werden zuvor in der Zelle gleichmäßig verkupfert. Der Niederschlag muss hellrot erscheinen. Zeigte er sich dunkelrot angelaufen oder mit einem gelbgrünen Anfluge, so fehlte es an freier Säure. Bemerkenswert ist, dass die hellrote Kathode beim Aufbewahren, selbst nach Jahren, keine Oxydation und keine Gewichtszunahme erfährt.

Die Herstellung der beschriebenen Apparate hat Herr Max Kohl in Chemnitz übernommen.

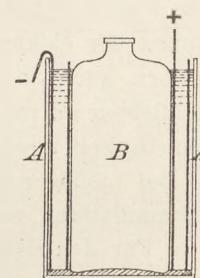


Fig. 4.

## Über Aufstellung und Betrieb von Akkumulatoren für den Schulgebrauch.

Von

Prof. Dr. FR. C. G. MÜLLER in Brandenburg a. H.

Richtig ausgewählte und aufgestellte Bleiakkumulatoren bieten dem Lehrer und dem Forscher so außerordentliche Vorzüge vor allen anderen Stromerzeugern, dass jede höhere Schule von amtswegen damit ausgerüstet sein sollte. Mit ihrer Hilfe können wir elektrische Ströme nicht nur ebenso bequem benutzen, wie Leuchtgas, sondern auch die grundlegenden quantitativen Gesetze des Galvanismus und die wichtigsten galvanometrischen Messungen in überraschender Einfachheit, Schärfe und Schnelligkeit unsren Schülern vor Augen führen. Für diese messenden Versuche ist die bei mäfsiger Stromentnahme so gut wie vollkommene Unveränderlichkeit der Akkumulatoren von ganz besonderem Wert.

Für den Schulunterricht genügt eine Batterie von 6 Zellen. Man wähle nur bewährte Systeme oder verlange weitgehende Garantie. Schulakkumulatoren müssen im Gegensatz zum Grofsbetrieb es monatelang vertragen können, ohne von neuem aufgeladen zu werden, fast unthätig dazustehen.

Die Grenze der Entladungsstromstärke betrage mindestens 6 Ampère, die Ladefähigkeit etwa 20 Ampère-Stunden für die Zelle.

Meine Batterie nebst Zubehör wurde von Herrn Max Kohl geliefert und ist in dessen Nachtragskatalog 10 unter No. 3040, IV beschrieben und abgebildet. Sie wiegt gefüllt 65 kg, ist also nicht transportabel. Ich habe den Kasten aber auf Rollfüsse gesetzt, sodass er leicht vorgezogen werden kann. Er ist 60 cm lang und nur 21 cm breit und kommt der Länge nach an die eine Seite des offenen Raumes unterhalb der Wanne des Experimentierisches zu stehen. Alle Fugen müssen zuvor sorgfältig mit Watte verstopft sein, da das Eindringen von Staub sehr nachteilig wäre. Eine Revision und ein Nachfüllen des verdunsteten Wassers braucht nur alle halbe Jahre vorgenommen zu werden.

Zur Batterie gehört ein oben auf dem Kasten angeordneter Walzenpachytrop. Die Unentbehrlichkeit dieses Nebenapparates, der zugleich auch als Stromschlüssel dienen kann, liegt wohl auf der Hand. Die meisten galvanischen Schulapparate bieten nur geringen Leitungswiderstand oder sollten doch, wo es nur angeht, dafür construiert sein. Zu ihrem Betrieb verwendet man der Stromökonomie wegen selbstverständlich die Parallelschaltungen. Beispielsweise beträgt der Widerstand des Ampèreschen Gestells nur wenige Hundertel Ohm. Daher giebt dieser Apparat mit 6 parallel geschalteten Akkumulatoren ganz ungewöhnlich kräftige Wirkungen; denn es läuft, wie das schnelle Heifswenden der Leiter verrät, ein Strom von etwa 50 Amp. hindurch. Reihenschaltung würde in diesem und in ähnlichen Fällen das Ergebnis des Versuchs nicht verbessern, wohl aber eine schnelle Zerstörung der Batterie zur Folge haben.

Es sei noch besonders hervorgehoben, dass gerade der Walzenpachytrop neben leicht verständlicher Construktion die denkbar bequemste Handhabung bietet. Mit einem Griff erhält man blindlings und augenblicklich jede der vier möglichen Schaltungen mit 2, 4, 6, 12 Volt. Andere Schaltvorrichtungen, im besonderen die Stöpselapparate, stehen in jeder Hinsicht weit zurück.

Damit auch die Schüler die jedesmalige Schaltung sehen, habe ich in den Zapfen der Pachytropenwalze einen Schnitt gefeilt, in den das abgeplattete Ende eines dicken

Messingsdrahtes mit einiger Reibung passt. Das andere Ende geht durch die Vorderwand des Experimentiertisches und ist durch Umbiegen zu einem Zeiger ausgebildet.

Was die Art der Stromabnahme betrifft, so dürfte es wohl kaum etwas Zweckmässigeres geben, als vorn und hinten in die Tischplatte eingelassene Sammelschienen mit zahlreichen Löchern zum Einsetzen von Stöpselklemmen, wie es die Abbildungen in Weinholds Demonstrationen oder in Kohls Katalog im einzelnen zeigen. Die 4 mm starken, mitten unter die Schienen gelöteten, zuleitenden Kupferdrähte gehen durch die Tischplatte nach unten und sind so gebogen und befestigt, dass sie leicht in die Polklemmen des Pachytropen gesteckt werden können.

Die beschriebene Einrichtung ist bei uns seit 4 Jahren in Gebrauch. Es zeigte sich niemals ein Anstand und die Batterie sieht heute noch aus wie neu. Das Ganze ist so überaus bequem, dass man sich kaum vorstellen kann, wie ohne dergleichen auszukommen ist. Ich kann den Fachgenossen nur dringend raten, alle anderen Anschaffungen einzustellen, bevor sie nicht eine solche Akkumulatorenbatterie nebst Zubehör im Betriebe haben. Der Unterricht in der Elektrizitätslehre wird dadurch ungemein befriedigt werden. Auch finden sich bald auf anderen Gebieten des Experimentalunterrichts mancherlei nützliche Verwendungen: Der Faden einer Glühlampe dient bei optischen Versuchen; die elektromotorische Maschine zum Treiben von mechanischen und akustischen Apparaten; in der Chemie bewirkt man Zündungen in geschlossenen Gefäßen durch die Stromwärme und findet oft Gelegenheit, chemische Reaktionen durch Elektrolyse hervorzurufen.

„Das ist bis dahin alles recht schön; wie aber steht es mit dem Laden der Akkumulatoren? Anschluss an ein Elektrizitätswerk haben wir nicht und eine Dynamomaschine nebst Gasmotor eigens zu dem Zweck anzuschaffen, ist zu kostspielig und lohnt sich auch nicht.“ Auf diesen Einwand manchen Lesers sei erwidert, dass jede Schule doch über einige Bunselemente verfügt, die, ein wenig umgeändert, ohne erhebliche Mühe und Kosten die Ladung bewirken können. Man hat deren nur zwei nötig. Die Kohlenplatten, Thonzellen und Zinkcylinger brauchen von dem üblichen mittleren Format nicht abzuweichen, z. B. haben meine Kohlenplatten die Abmessungen  $0,9 : 4,5 : 15$  cm. Die eng anschließenden cylindrischen Thonzellen sind 12 cm hoch und fassen neben der Kohle 190 ccm Salpetersäure. Worauf es aber ankommt, das ist ein genügender Raum für die verdünnte Schwefelsäure. Jedes Element muss mindestens 1300 ccm 20prozentige Schwefelsäure fassen. Aufserdem muss die Säure gut cirkulieren können, weil sich sonst nach einiger Zeit Vitriolkristalle unten an den Zinkcylinger bilden. Demnach sind die Batteriegläser nicht bloß erheblich breiter zu nehmen, sondern auch etwa 5 cm höher als die Thonzellen und der Zinkcylinger, damit unter den letzteren ein freier Raum geschaffen werden kann. Ich habe aus Gründen der Raumersparnis rektanguläre Gläser gewählt mit den inneren Abmessungen 18:13:8 cm. In das Glas wird ein 3 cm breiter Streifen Fensterglas nach der Diagonale gestellt und auf denselben das Zink und die Thonzelle. Sobald nun die Kette in Thätigkeit tritt, sinkt das schwere Sulfat auf den Boden, während durch den Schlitz des Zinkcylingers frische Säure eintritt.

Es ist notwendig, die Thonzellen mit einem Deckel zu versehen, weil sonst durch emporspritzende Salpetersäure die Klemmen stark beschädigt werden und die Contakte leiden. Ich nehme dazu in Paraffin gekochte Scheiben Cartonpapier, die ausser der mittleren, genau an die Kohle schliessenden Öffnung noch ein Abzugsloch am Rande erhalten. Ihr Durchmesser entspricht dem innern der Zinkcylinger, sodass sie nebenbei auch noch eine Centrierung der Thonzelle bewirken.

Die beiden mit den flachen Seiten an einander gestellten Elemente kommen unter einem Kasten über den Gasabzug des Experimentirtisches. Sie befördern bis zur Erschöpfung etwas über 100 Ampèrestunden in die parallel geschalteten Akkumulatoren. Dabei vergehen etwa 16 Stunden, wenn man den Strom direkt mit kurzen dicken Drähten in die Schienen leitet. Schaltet man das Wagegalvanometer mit ein, so beginnt der Strom bei 3,6 Volt Spannung mit 6,5 Amp., steigt nach 1 Stunde auf 6,8 und bleibt dann etwa 10 Stunden ziemlich constant. Nachher nimmt er langsam ab. Nach 24 Stunden hat er nur noch 0,8 Amp. bei 3,0 Volt.

Das Zusammensetzen der beiden Elemente geschieht in einer halben Stunde. Die übrige Mühwaltung ist nicht der Rede wert. Ich lade in der Regel an jedem ersten Tage nach den Ferien; falls aber die Elektrizitätslehre nicht auf dem Lehrplan steht, nur alle halbe Jahre.

Der praktische Materialverbrauch bei jeder Ladung beträgt für beide Elemente 460 g Schwefelsäure (arsenfrei), 500 g rohe Salpetersäure, 340 g Zink. Theoretisch müßten für 100 Ampèrestunden verbraucht werden: 366 g  $\text{SO}_4\text{H}_2$ , 156 g  $\text{NO}_3\text{H}$ , 244 g Zn. Der bedeutende Mehrverbrauch an Zink röhrt hauptsächlich von Lokalströmen her, welche die dem Zink beigemengten und als schwarzer Schlamm bloßgelegten fremden Metalle veranlassen. Die 650 g schweren Zinckylinder müssen so stark amalgamiert werden, daß das Quecksilber abtropft. Wegen des ungleichmäßigen Angriffs können sie nur dreimal gebraucht werden. Nach alledem berechnen sich die Unkosten einer einmaligen Aufladung zu 1,50 M.

## Eine neue Thermosäule.

Von

Prof. Dr. Heinrich Rubens in Berlin.

Seit dem Erscheinen der Langleyschen Arbeiten über Wärmestrahlen sind fast alle auf diesem Gebiete liegenden Experimentaluntersuchungen mit Hilfe des Langleyschen Bolometers, des Boysschen Mikroradiometers oder des Crookesschen Radiometers ausgeführt worden. Der Grund dafür, daß die Mellonische Thermosäule als Messinstrument von den genannten verdrängt wurde, liegt keineswegs in der geringeren Strahlungsempfindlichkeit dieses Apparates, sondern ist vielmehr in dem Umstand zu suchen, daß die Thermosäulen älterer Construktion zu groÙe Masse und infolge dessen zu hohe Wärmekapazität besitzen. Sie zeigen dementsprechend bei der Bestrahlung einen sehr langsam, kriechenden Gang, wodurch die Beobachtungen gleichzeitig äußerst zeitraubend und unsicher werden. Es kommt noch hinzu, daß bei der Anordnung der Thermoelemente nicht, wie dies z. B. bei dem Langleyschen Bolometer der Fall ist, darauf Rücksicht genommen wurde, daß die sämtlichen temperaturempfindlichen Teile möglichst dicht in einem Raum von constanter Temperatur vereinigt sind. Das Instrument besitzt infolge dessen keine sichere Ruhelage und gestattet daher nicht die Anwendung eines sehr empfindlichen Galvanometers.

Ich habe mir die Aufgabe gestellt, diese Mängel der alten Thermosäule durch eine Neuconstruktion zu beseitigen, und bin auf folgendem Wege in befriedigender Weise zum Ziele gelangt.

Will man die Masse und damit die Wärmekapazität der Thermosäule wesentlich verringern, so ist man genötigt, auf die Verwendung von Antimon-Wismuth-Elementen zu verzichten, da die betr. Materialien sich schlecht bearbeiten und insbesondere

nicht zu sehr dünnen Drähten ausziehen lassen. Dagegen bilden Constantan und Eisen ein Thermopaar, welches von dem letztgenannten Mangel völlig frei ist und dabei eine relativ hohe elektromotorische Kraft (53 Mikrovolt pro Celsiusgrad) besitzt. Wenngleich dieselbe wesentlich hinter derjenigen von Wismuth gegen Antimon (100 Mikrovolt pro Celsiusgrad) zurücksteht, so sind doch die Vorzüge, welche sich bei der Verwendung von Eisen und Constantan ergeben, so erheblich, dass die geringere Temperaturempfindlichkeit der einzelnen Elemente hierdurch reichlich compensiert wird<sup>1)</sup>.

Ich lasse nunmehr eine Beschreibung derjenigen Construction folgen, welche sich nach mannigfachen Versuchen in Bezug auf die Herstellung und Benutzung als die günstigste erwiesen hat. Fig. 1 giebt ein Bild derselben in  $\frac{2}{3}$  der natürlichen Grösse, sodass alle Massen mit genügender Genauigkeit darauf zu ersehen sind. Auf einem in der Höhe verstellbaren Messingfuß *A* ist ein dickwandiger Hohleylinder *B* aus Messing befestigt, welcher an zwei diametralen Stellen schlitzartige Öffnungen *c* und *c'* enthält. Oben wird der Messingcylinder durch einen Metalldeckel *D* verschlossen, welcher durch 2 Kordenschrauben *e*, *e'* befestigt wird. An der unteren Seite des Deckels, also im Innern des Messingcylinders, ist ein rechteckiger Elfenbeinrahmen *F* angebracht, welcher als Träger für die Thermoelemente dient. Von diesen letzteren sind zwei Kupferdrähte durch den Deckel des Cylinders isoliert hindurchgeführt und endigen in den kupfernen Klemmschrauben *G*, *G'*. Der Messingcylinder *B* ist von einem polierten und vernickelten Metallrohr *H* umgeben, welches mit geringer Reibung um den Cylinder als Achse gedreht werden kann. Auch das Rohr besitzt zwei rechteckige Diaphragmen, welche ihrer Grösse nach denjenigen des Cylinders entsprechen, jedoch sind dieselben nicht diametral angeordnet, sondern ihrer Lage nach  $90^{\circ}$  gegen einander verschoben. Das Mantelrohr bedeckt daher stets mindestens eine der beiden Öffnungen des Cylinders. Das eine der beiden Diaphragmen des Mantels ist mit einem innen und außen spiegelnden Conus *J* versehen, wie er bereits in ähnlicher Form bei Thermosäulen älterer Construction zur Verstärkung der Strahlung in Anwendung gebracht worden ist. In den Conus *J* lässt sich nach Bedarf noch ein weiterer Conus *J'* einsetzen. Derselbe bewirkt eine Steigerung der Empfindlichkeit und eine Verbesserung der Ruhelage.

Die Art, wie die Thermoelemente auf dem Elfenbeinrahmen *F* angeordnet sind, ist aus Fig. 2 ersichtlich. Auf jedem der beiden vertikalen Längsseiten des Rahmens sind in je 2 mm Abstand 10 Messingstiftchen angebracht. Auf diesen Messingstift-

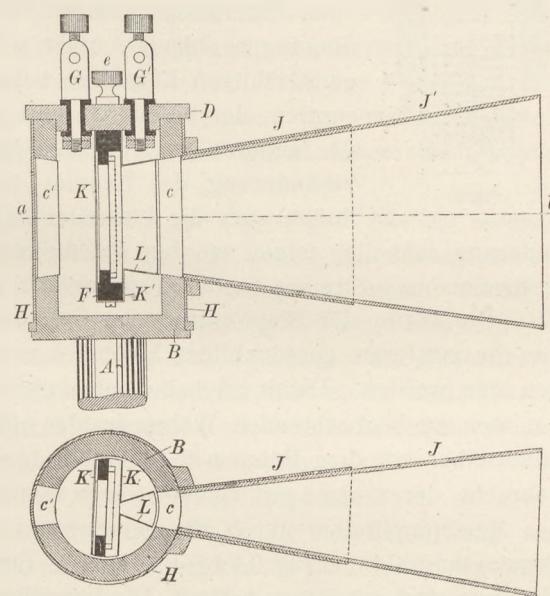


Fig. 1 (Aufriss und Grundriss).

<sup>1)</sup> Eine aus Eisen-Constantan-Elementen bestehende Thermosäule ist, freilich zu anderen Zwecken, kürzlich auch von Hrn. A. Crooa angewandt worden. Vergl. *C. R.* 125, 804, 1897. Schon früher hat Hr. P. Czermak aus feinen Eisen- und Constantan-Drähten bestehende Thermoelemente zur Messung der Sonnenstrahlen benutzt (*Wied. Ann.* 56, p. 353, 1895).

chen sind die Drähte der einzelnen Thermoelemente durch Auflöten befestigt, sodass dieselben eine ununterbrochene zickzackförmige Stromleitung bilden. In Fig. 2 sind die Eisendrähte durch dünne, die Constantandrähte durch dicke Striche kenntlich gemacht und es ist ohne weiteres aus derselben zu ersehen, dass sämtliche geradzahligen Lötstellen auf der vertikalen Mittellinie des Rähmchens liegen, während die ungeradzahligen in 5 mm Entfernung davon teils auf der rechten, teils auf der linken Seite angeordnet sind. Ferner erkennt man, dass sich an den Messingstiften selbst keine temperaturempfindlichen Lötstellen befinden. Es ist dies notwendig, weil die gute Nulllage einer Thermosäule u. A. wesentlich von der Gleichheit der Bedingungen abhängt, unter welchen sich die geradzahligen und ungeradzahligen Lötstellen befinden. Es muss insbesondere vermieden werden, der einen Art eine grössere Wärmekapazität zu geben als der anderen, weil infolge dieses Umstandes bei einer Temperaturveränderung des Raumes, in welchem sich die Thermosäule befindet, stets die Lötstellen mit geringerer Wärmekapazität der Veränderung schneller folgen werden als diejenigen mit höherer, was naturgemäß das Auftreten eines Stromes in der Thermosäule zur Folge hat.

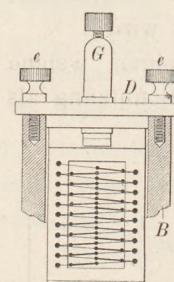


Fig. 2.

Die Weite der Diaphragmen im Cylinder und Mantelrohr ist so gewählt, dass nur die mittleren, geradzahligen Lötstellen von den zu untersuchenden Wärmestrahlen getroffen werden. Damit auch bei schieferem Einfall die ungeradzahligen Lötstellen von den zu beobachtenden Wärmestrahlen nicht erreicht werden können, sind noch unmittelbar vor dem Rahmen 2 schlitzförmige Diaphragmen aus Schablonenblech angebracht, deren eines mit einem kleinen Conus *L* versehen ist. Ferner ist das Innere des Messingcylinders durch Ruß geschwärzt. Die Dicke der benutzten Eisen- und Constantandrähte betrug 0,1 bis 0,15 mm<sup>2</sup>). Sämtliche Verbindungsstellen der Thermoelemente sind mit Silber gelötet. Die Lötstellen werden nach dem Erkalten zu äußerst dünnen, kreisförmigen Scheibchen von 0,5 bis 0,8 mm Durchmesser ausgehämmert. Bei der Befestigung der Thermoelemente wird darauf geachtet, dass die Ebene der kleinen Scheibchen senkrecht zur Richtung der auffallenden Strahlen steht. Die Schwärzung der Lötstellen geschah bisher stets mit Ruß.

Nach der in dem Vorstehenden beschriebenen Weise gelingt es leicht, eine lineare Thermosäule herzustellen, welche auf einer Länge von 20 mm 20 Lötstellen der Metalle Eisen und Constantan enthält. Dieselbe liefert bei einer Temperaturerhöhung der geradzahligen Lötstellen um 1° Celsius eine elektromotorische Kraft von  $20 \times 53 \times 10^{-6} = 0,00106$  Volt. Ihr innerer Widerstand beträgt ca 3,5 Ohm. Combiert man die Thermosäule mit einem Galvanometer, welches bei *w* Ohm inneren Widerstand für 1 Mikroampère *n* mm liefert, so entspricht ein Ausschlag von 1 mm einer Temperaturerhöhung der bestrahlten Lötstellen um  $\delta$  Celsiusgrade, worin

$$\delta = \frac{(3,5 + w)}{20 \times 53 \times n} \text{ ist.}$$

Das von mir benutzte Galvanometer war ein ziemlich empfindliches Instrument, welches durch Eisenpanzer gegen magnetische Störungen geschützt war, und das bei einem inneren Widerstand (*w*) von 5 Ohm für ein Mikroampère einen Ausschlag (*n*) von 3600 mm ergab. Hieraus berechnet sich die theoretische Temperaturempfindlichkeit

<sup>2)</sup> Soll die Thermosäule hauptsächlich zu Demonstrationszwecken benutzt werden, so empfiehlt es sich, zur Verminderung des inneren Widerstandes noch etwas dickere Drähte von ca. 0,2 mm Durchmesser in Anwendung zu bringen.

keit dieses Thermomultiplikators zu  $\delta = 2,2 \cdot 10^{-6}$  Celsiusgrad. Unter diesen Bedingungen war die Lage des Nullpunkts noch eine so gute, dass Ausschläge von einigen Zehntel Millimetern, d. h. Temperaturerhöhungen von weniger als ein Milliontel Grad mit Sicherheit beobachtet werden konnten.

Es ist mir niemals gelungen, eine ähnlich hohe Empfindlichkeit mit Hilfe eines Bolometers von gleicher Fläche zu erreichen, und es ist dies auch nur bei Benutzung eines viel empfindlicheren Galvanometers und auf Kosten der erreichten Genauigkeit möglich. Ein großer Vorteil, welchen die Thermosäule vor dem Bolometer besitzt, besteht nämlich darin, dass dieselbe während des Gebrauches fast stromlos ist, während der temperaturempfindliche Widerstand des Bolometers von einem Strom durchflossen wird, der oft mehr als  $\frac{1}{100}$  Amp. beträgt und eine beträchtliche Erwärmung des Widerstands sowie der denselben umgebenden Luft zur Folge hat. Ein Bolometer wird daher von Luftströmungen außerordentlich viel stärker beeinflusst als eine Thermosäule von gleicher Empfindlichkeit und besitzt daher eine erheblich schlechtere Ruhelage.

Das Crookessche Radiometer hat zwar in der von Herrn E. F. Nichols beschriebenen und angewandten Form eine sehr hohe, der hier angegebenen vergleichbare Empfindlichkeit, ist jedoch für manche Untersuchungen weniger geeignet, weil die zu dem Radiometerflügel gelangenden Strahlen die Verschlussplatte des Fensters durchdringen müssen, was insbesondere die Verwendung des Instruments zur Beobachtung sehr langer Wärmewellen erschwert. — Das Boyssche Mikroradiometer endlich liefert in den Händen eines sehr geschickten Experimentators, wie seines Erfinders, zweifellos sehr gute Resultate, ist aber ungemein schwierig herzustellen.

Um auch eine praktische Definition der erzielten Empfindlichkeit zu geben, führe ich die Thatsache an, dass die Strahlung einer Kerze in 10 m Entfernung ohne Benutzung der äusseren Conus  $J$  und  $J'$  22, mit Benutzung von  $J$  54 mm Ausschlag ergab. Der Ausschlag vollzieht sich infolge der geringen Wärmekapazität der Thermosäule genau wie bei einem Bolometer. Der stationäre Zustand wird in einer Zeit erreicht, welche kleiner ist als die Schwingungsdauer der Galvanometernadel.

Ein Vergleich der Ausschläge, welche unter dem Einfluss der gleichen Strahlung von der neuen Thermosäule und der älteren Form erhalten werden, ist aus den oben genannten Gründen nur mit Hilfe eines Galvanometers möglich, welches etwa 100mal unempfindlicher ist als das von mir benutzte. Bei gleicher Zahl der Elemente ergab sich angenähert die gleiche Empfindlichkeit. Diese Thatsache steht mit der höheren elektromotorischen Kraft des Thermoelements Wismuth-Antimon scheinbar im Widerspruch. Indessen lehrt eine eingehendere Betrachtung, dass in der hier beschriebenen Thermosäule die belichteten Lötstellen unter dem Einfluss der gleichen Strahlung eine höhere Temperatur annehmen, als dies bei den älteren Instrumenten der Fall ist, da die Wärmeverluste durch Leitung in den Drähten infolge ihres ca. 100mal geringeren Querschnitts bedeutend kleiner sind.

Es braucht kaum hinzugefügt zu werden, dass die im Vorstehenden beschriebene Thermosäule, bzw. deren temperaturempfindlicher Teil leicht an Stelle eines Fadenkreuzes im Innern eines Spektrometerokulars angebracht werden kann. In diesem Falle wählt man die Diaphragmen  $c$  und  $c'$  am besten kreisförmig. Bei  $c$  befindet sich dann die Mündung des Beobachtungsfernrohres, während der optische Teil des Okulars in  $c'$  eingesetzt wird. Ferner wird der innere Conus  $L$  durch eine Reihe von schlitzförmigen Diaphragmen ersetzt, deren engstes sich unmittelbar vor den mittleren Lötstellen befindet und ca. 0,7 mm breit ist.

Es wird jedoch in vielen Fällen ausreichen, mitunter sogar vorteilhafter sein, mit Okularspalt und feststehendem Beobachtungsfernrohr, etwa unter Benutzung der von Herrn Wadsworth<sup>3)</sup> angegebenen Spektraleinrichtung zu arbeiten und die aus dem Okularspalt austretenden Strahlen mit Hilfe eines Hohlspiegels auf der Thermosäule zu einem Bilde zu vereinigen. Diese Versuchsanordnung gestattet, die Thermosäule auch in der zuerst beschriebenen Form zu genauen spektrometrischen Messungen zu benutzen und hat den Vorteil, dass die Breite des gleichzeitig auf die Thermosäule gelangenden Spektralgebiets leicht nach Wunsch reguliert werden kann. Auch lässt sich die Thermosäule bei fester Aufstellung gegen äußere Wärmeeinflüsse wirksamer schützen.

Auch als Vorlesungsinstrument ist die neue Eisen-Constantan-Thermosäule der älteren vorzuziehen, da auch hier die gute Ruhelage und schnelle Erreichung des stationären Zustandes wesentlich sind. Auch ist die Anordnung der empfindlichen Lötstellen in einer vertikalen Linie insbesondere zur Demonstration des Wärmespektrums sehr geeignet. Allerdings ist die Empfindlichkeit der Thermosäule durch den Umstand begrenzt, dass sich die Zahl der bestrahlten Lötstellen nicht leicht über 20 steigern lässt, ohne die lineare Anordnung zu ändern, während die Mellonischen Instrumente bisweilen mehr als 50 Thermoelemente besitzen.

Die Firma Keiser und Schmidt, Berlin NW Johannisstrafse, hat die Anfertigung des hier beschriebenen Apparates übernommen und die ersten Exemplare zu meiner vollen Zufriedenheit ausgeführt<sup>4)</sup>.

---

## Über eine besondere Übertragung der Luftschwingungen auf einen festen Körper.

Von

Dr. W. C. L. van Schaffk in Rotterdam.

Bekanntlich wird durch den Trommelhöhlenapparat eine Bewegung von geringer Kraft, welche das Trommelfell trifft, in eine von geringerer Amplitude und größerer Kraft verwandelt<sup>1)</sup>. Die mechanische Bedeutung dieser Verwandlung besteht hierin, dass die Luftteile wegen ihrer relativ geringen Masse nur einen geringen Druck auf das Trommelfell, ausüben, während beim Labyrinthwasser wegen der größeren Dichtigkeit viel erheblichere Druckkräfte nötig sind, um es in schnelle Schwingungen zu versetzen.

Nach von Helmholtz wird die Vergrößerung der Kraft mit Verringerung der Amplitude vor allem durch die Trichterform des Trommelfells erzielt, dessen Meridianlinien eine schwache Krümmung zeigen. Ein kleiner, senkrecht gegen das Trommelfell gerichteter Druck muss also eine relativ große Kraft am Befestigungsende d. h. am Stiel des Hammers zur Folge haben, ebenso wie eine kleine Kraft, senkrecht auf einen gespannten Faden wirkend, eine sehr große Spannung im Faden jedoch bei kleinerer Bewegung des Befestigungspunktes hervorruft, in Übereinstimmung mit dem Prinzip der virtuellen Arbeit. Die Kraft wird übrigens in erhöhtem Maße vergrößert werden, wenn die schallempfangende Fläche größer ist.

<sup>3)</sup> Wadsworth, Phil. Mag. 49. p. 337; 1890.

<sup>4)</sup> Der Preis beträgt ca. 50 M.

<sup>1)</sup> von Helmholtz, Lehre v. d. Tonempf. Erste Abt., 6. Abschn.

In den folgenden Versuchen wird die Übertragung der Schwingungsenergie auf ähnliche Weise vermittelt, sei es dass die Luftschwingungen durch eine gespannte Membran oder Platte einen andern festen Körper in Schwingung versetzen, oder dass die Schwingungen eines festen Körpers auf die Luft übertragen werden, wobei alsdann eine Vergrösserung der Amplitude stattfindet.

1. Verstärkung des Tones einer Stimmgabel. Wenn man einer rechteckigen Platte *A B* eine schwache Krümmung giebt, wie es die Fig. 1 zeigt, und dann die geraden Seiten *A* und *B* nur wenig zu einander bewegt, so entsteht eine verhältnismässig grosse Hebung der mittleren Plattenteile, d. h. eine Bewegung senkrecht auf die Richtung *A B*, jedoch mit verminderter Kraft.

Man nimmt nun einen Bogen dicken Zeichenpapiers von einigen (etwa 8 bis 16) Quadratdecimetern Oberfläche, oder eine dünne Hartgummiplatte, und hält den Stiel einer angeschlagenen Stimmgabel in der Richtung *AB* bei *A* gegen den Rand, indem man den gegenüberliegenden Rand bei *B* festhält, sodass der Bogen oder die Platte sich ein wenig ab- oder aufwärts krümmt (Fig. 1). Der Ton der Gabel wird sofort bedeutend verstärkt.

Auch kann man das Ende des Gabelstieles an die Platte befestigen und den Stiel mittels eines Gummistückes mit einem Brett verbinden, woran man zugleich den Punkt *B* befestigt. Wird die Gabel nun angestrichen, so giebt die Platte einen starken Ton, der bei gehöriger Krümmung stärker ist als der einer Holztafel, worauf die Gabel gedrückt wird, und wobei die Richtung der erzwungenen Schwingung, im Gegensatz zur Schwingung der Platte, dieselbe ist wie die des Gabelstieles.

Diese Schwingungserregung der Platte zeigt eine grosse Übereinstimmung mit der Erregung der Fadenschwingung bei einem der Meldeschen Versuche<sup>2)</sup>. Es müssen sich im allgemeinen auch Knotenlinien auf der Platte bilden, welche je nach einer andern Krümmung oder Spannung der Platte verschieden sein werden. Bei einer bestimmten Krümmung erklingt der Gabelton am stärksten, bei einer gewissen andern vernimmt man im Klang deutlich die Oktave.

Ebenso wie die Druckspannung wirkt auch der Zug in einem dünnen, schlaffen, nach unten convexen Papierbogen, jedoch schwächer. Beim Gebrauch eines steifen Bogens Papier oder dünnen Stahlblechs kann die Tonstärke der einer mit Resonanzkasten versehenen Stimmgabel gleichkommen, zumal wenn man den Bogen, wie in der Fig. 2, auf einem Brett zwischen einem festen Punkt *B* und einem Holzstäbchen *A* einspannt, welches senkrecht zum Brette steht, und wogegen man den Stiel der angeschlagenen Gabel drückt.

2. Schwingungserregung der Stimmgabel. Die auf die beschriebene Weise aufgestellte Gabel kann auch durch eine entfernte Schallquelle von genau gleicher Tonhöhe in Mitschwingung versetzt werden, wobei nun die von der gekrümmten Fläche aufgenommenen Luftschwingungen mit verkleinerter Amplitude und ver-

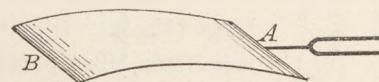


Fig. 1.

<sup>2)</sup> Nämlich bei der Parallelstellung (Melde, Akustik, Kap. 5). Jedoch wird die Grundschwingung der gebogenen Platte dem Grundton der Gabel entsprechen, weil bei der Schwingung das Zeichen der Krümmung der gebogenen Platte sich nicht ändert. Interessant ist der folgende Versuch: Man klemmt mit der einen Hand den Gabelstiel und den Rand *A* eines Kartonbogens zusammen, indem man mit der andern Hand den Rand *B* festhält. Die Gabel wird jetzt angeschlagen und man biegt nun den Bogen derartig, dass die gehörige Krümmung sich abwechselnd bei *A* oder bei *B* befindet; die Schallquelle läuft alsdann gleichsam über den Bogen hin und her.

größerter Kraft auf den Gabelstiel übertragen werden. Dieser Versuch erhellt zugleich einen Teil der Wirkung des bekannten Audiphons.

3. Anwendung auf das Mikrophon. Hierzu setzt man den Rand *A* der gebogenen Platte mit den Kohlenkontakten derartig in Verbindung, dass der auf die Kohle ausgeübte Druck sich in der Richtung *AB* der Kraftvergrößerung entwickelt,



Fig. 2.

sodass derselbe nahezu senkrecht steht zu den von der Platte aufgenommenen Schallschwingungen. Es können nun bei *A* und *B* oder in mehreren Punkten beider Ränder Kohlenkontakte angebracht werden. Auch kann man die Ränder durch leichte Stifte mit den Platten einiger Kohlenschrot-Mikrophone in Verbindung setzen, oder es wird der untere Rand in einigen Punkten unterstützt, indem der obere Rand bei *A* auf ein Holzstäbchen wirkt, das den Druck durch einen Stift auf die Mikrophonplatte überträgt (Fig. 2). Die Übertragung der Sprache mittels eines indirekt eingeschalteten Mikrofons wurde auf diese Weise sehr deutlich wahrgenommen.

Zu diesen Versuchen eignet sich auch jede biegsame und leichte Membran von geringer Ausdehnbarkeit, welche am wirksamen oberen

Rande *A* aufgehängt wird, und worin man z. B. durch ein Gewicht eine Zugspannung unterhält. Die Klangfarbe kann hierbei nahezu unverändert bleiben. Der von einer solchen flachen Membran übertragene Ton ist nicht, wie es scheinen könnte, um eine Oktave höher als der der erregenden Tonquelle, sondern von gleicher Höhe, wohl wegen der einseitigen Wirkung der von der Membran aufgenommenen Schallschwingungen. Bei diesen verschiedenen Anordnungen liegt dasselbe rationelle Prinzip zu Grunde, welches man im Apparat der Trommelhöhle verwirklicht findet.

Eine kleine Vorrichtung derselben Art erwies sich in einigen Fällen als geeignet, die Richtung der Schallschwingungen zu ermitteln, indem dieselben, falls sie mit der schallempfangenden Platte parallel sind, keine oder minimale Stromschwankungen im Mikrophon hervorrufen.

## Kleine Mitteilungen.

### Apparat für die Mischung von Farben.

Von H. J. Oosting in den Helder.

Bekanntlich gibt es verschiedene gute Methoden, um das von einem Prisma in die Spektralfarben zerlegte Licht wieder zu Weiß zu vereinigen, z. B. mittelst einer Linse, von welcher Methode die richtige Deutung sehr schön von Lummer dargelegt worden ist<sup>1)</sup>. Im Unterricht ist aber auch ein mehr direktes Übereinanderlegen der Farben des Spektrums, und auch von zwei Farben, wünschenswert. Statt des bekannten Apparates mit sieben runden Spiegeln (man sehe z. B. Erneckes Preisliste 11 No. 1275 und Max Kohls Preisliste 10 No. 1194) gebrauche ich dazu einen rationeller konstruierten Apparat (Fig. 1), bestehend aus einer größeren Zahl (z. B. 15) von rechteckigen Spiegeln welche nebeneinander mit dem kleinst möglichen Zwischenraum drehbar in einem Rahmen von Holz aufgestellt sind. Die Streifen aus Spiegelglas von 1 cm Breite (Fig. 2) sind an einer Stricknadel befestigt, welche in der Grundplatte *A* und in der oberen Holzleiste *B* drehbar ist. Ein Holzstäbchen *C* dient dazu, den Spiegel leicht mit der Hand drehen zu können und ein Korkzylinder *D*, um auf der Grundplatte einige Reibung zu geben, wodurch der Spiegel besser in der gewünschten Stellung stehen bleibt.

Zur Ausführung des Versuches stellt man gerade vor dem Spiegelapparat einen weißen Schirm auf und erzeugt darauf ein reines Spektrum in der Weise, dass der Apparat

<sup>1)</sup> Müller-Pouillet's Lehrbuch von Pfaundler. 9. Aufl., Bd. 2, S. 191.

ein wenig schief gegen das Strahlenbündel steht. Nimmt man dann den Schirm weg, so kann man das reflektierte Licht auf einem in einiger Entfernung vor dem Apparat aufgestellten Schirm vereinigen, entweder alles Licht zusammen oder nur einzelne Farben. Mit Sonnenlicht erreicht man den Zweck sehr gut.

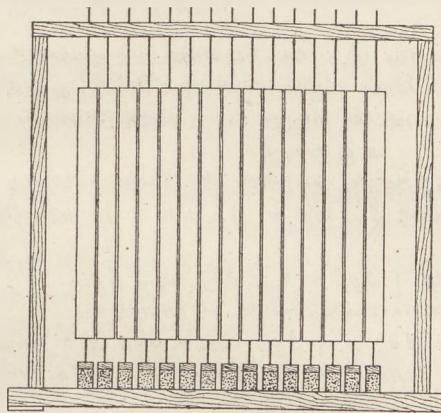


Fig. 1.

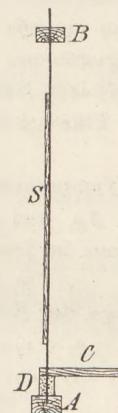


Fig. 2.

Ich glaube davor warnen zu müssen, dass man, falls man die Spiegel in einer Metallfassung befestigt, diese nicht seitlich um die Spiegel umlegt, da dadurch Licht weggenommen wird, was speziell in dem schmalen Teil des gelben Lichtes schädlich ist.

### Über die Cagniard de la Tourschen Röhren.

Von **Victor Biernacki** in Warschau.

Um die Erscheinungen nahe der kritischen Temperatur zu demonstrieren, bedient man sich gewöhnlich zugeschmolzener Glasröhren, die mit der tropfbaren Substanz und ihrem gesättigten Dampfe gefüllt sind. Bildet das Volumen der Röhre das kritische Volumen der angewandten Menge der Substanz, so bleibt der Meniscus während der Erwärmung im Innern der Röhre sichtbar, und man kann alle Veränderungen desselben bei steigender Temperatur gut wahrnehmen; ist aber die Menge der Flüssigkeit gegen die Menge des Dampfes zu groß, so wird schon bei einer niedrigeren Temperatur als die kritische die ganze Substanz tropfbar flüssig und der Meniscus bewegt sich bei der Erwärmung nach oben, um endlich zu verschwinden. Bei der kritischen Temperatur tritt eine Nebelbildung ein bei einem Drucke, der größer als der kritische Druck ist, was nicht zu empfehlen ist. Ist die Menge der flüssigen Substanz gegen die Menge des Dampfes zu klein, so bewegt sich der Meniscus bei der Erwärmung nach unten, die ganze Substanz wird bei einer niedrigeren als der kritischen Temperatur gasförmig, der Druck bei der kritischen Temperatur ist kleiner als der kritische Druck, es giebt aber kein Merkmal, um den Eintritt der kritischen Temperatur festzustellen. Alles dies ist aus dem Andrewsschen Diagramme leicht zu sehen.

Obgleich man die richtige Menge der Flüssigkeit in der Röhre im Verhältnis zu der Menge ihres Dampfes, bei welcher der Meniscus bis zu der kritischen Temperatur im Innern der Röhre sichtbar ist, wegen der großen Zusammendrückbarkeit der Substanz in der Nähe des kritischen Punktes in ziemlich weiten Grenzen ändern kann, so genügen doch die diesbezüglichen Angaben, die man in den praktischen Lehrbüchern findet, nicht. Ja auch die käuflichen Röhren enthalten meistens zu viel Flüssigkeit, infolge wovon 1. die Veränderungen des Meniscus nicht demonstriert werden können, und 2. sind solche Röhren gefährlicher als die mit passender Menge der Flüssigkeit und des Dampfes gefüllten. Gewöhnlich entfernt man die Luft aus der Röhre nicht vollständig; dann geht die Sache so, als ob das Volumen der Röhre sich bei steigender Temperatur und steigendem Drucke vergrößere, und es bleibt der Meniscus im Innern der Röhre bis zu dem kritischen Punkte sichtbar (wenn die Menge

der Flüssigkeit nicht zu klein ist). Der Druck nimmt aber um den Druck der noch vorhandenen Luft zu.

Folgende einfache Überlegung ermöglicht es, in manchen Fällen das richtige Verhältnis des Volumens der tropfbaren Substanz und ihres Dampfes leicht zu berechnen. Da ich die weiter zu beschreibenden Auseinandersetzungen nirgends finden konnte, so will ich hier darauf aufmerksam machen.

Es sei bei gegebener Temperatur ( $t$ )  $v_1$  das Volumen des gesättigten Dampfes,  $v_2$  das Volumen der tropfbaren Substanz in einer zugeschmolzenen Röhre;  $\varrho_1$  und  $\varrho_2$  die Dichten des Dampfes und der Flüssigkeit. Dann ist die Menge der ganzen Substanz in der Röhre:

$$v_1 \varrho_1 + v_2 \varrho_2.$$

Wenn die Temperatur um  $\Delta t$  steigt, so seien die Veränderungen der betreffenden Größen  $\Delta v_1$ ,  $\Delta v_2$ ,  $\Delta \varrho_1$  und  $\Delta \varrho_2$ , wobei  $\Delta \varrho_1$  mit +,  $\Delta \varrho_2$  mit - zu schreiben ist. Die Menge der ganzen Substanz ist jetzt:

$$(v_1 + \Delta v_1) (\varrho_1 + \Delta \varrho_1) + (v_2 + \Delta v_2) (\varrho_2 - \Delta \varrho_2).$$

Da die Menge der Substanz unverändert bleibt, so haben wir:

$$v_1 \varrho_1 + v_2 \varrho_2 = (v_1 + \Delta v_1) (\varrho_1 + \Delta \varrho_1) + (v_2 + \Delta v_2) (\varrho_2 - \Delta \varrho_2),$$

woraus, indem wir die sehr kleinen Größen zweiter Ordnung  $\Delta v_1 \Delta \varrho_1$  und  $\Delta v_2 \Delta \varrho_2$  vernachlässigen, folgt:

$$v_1 \Delta \varrho_1 + \varrho_1 \Delta v_1 + \varrho_2 \Delta v_2 - v_2 \Delta \varrho_2 = 0.$$

Da aber selbstverständlich  $\Delta v_1 = -\Delta v_2$ , so erhalten wir:

$$\Delta v_2 (\varrho_2 - \varrho_1) + v_1 \Delta \varrho_1 - v_2 \Delta \varrho_2 = 0.$$

Soll der Meniscus bei der Erwärmung seinen Platz nicht ändern, weder hinauf noch herunter in der vertikalen Röhre sich bewegen, so wird:

$$\Delta v_2 = 0,$$

und wir bekommen das richtige Verhältnis der Volumina der Flüssigkeit und ihres Dampfes, wie folgt;

$$\frac{v_2}{v_1} = \frac{\Delta \varrho_1}{\Delta \varrho_2}, \quad \text{oder} \quad \frac{v_2}{v_1} = \frac{\Delta \varrho_1}{\Delta t} / \frac{\Delta \varrho_2}{\Delta t},$$

wo  $\frac{\Delta \varrho_1}{\Delta t}$  und  $\frac{\Delta \varrho_2}{\Delta t}$  die Veränderungen der betreffenden Dichten bei der Steigerung der Temperatur um  $1^\circ$  sind.

Als Beispiel nehmen wir die Kohlensäure. Aus den Arbeiten von AMAGAT (C. R. t. CXIV, 1892, S. 1093) entnehmen wir:

$$\text{Bei } t = 20^\circ, \varrho_2 = 0,766; \varrho_1 = 0,190$$

$$t = 21^\circ, \varrho_2 = 0,755; \varrho_1 = 0,199$$

$$\text{Daher } \frac{\Delta \varrho_2}{\Delta t} = 0,011; \frac{\Delta \varrho_1}{\Delta t} = 0,009.$$

Das richtige Verhältnis der Volumina der Flüssigkeit und des Dampfes beträgt bei  $20^\circ$  also:

$$\frac{v_2}{v_1} = \frac{9}{11}.$$

Die Flüssigkeit muss den  $\frac{v_2}{v_1 + v_2}$  Teil der ganzen Röhre füllen; in unserem Falle:

$$\frac{v_2}{v_1 + v_2} = \frac{9}{20} = 0,45,$$

also etwas weniger als die Hälfte der Röhre.

Der Meniscus behält seinen Platz unverändert nur in der ersten Annäherung, weil das Verhältnis  $\frac{\Delta \varrho_1}{\Delta t} / \frac{\Delta \varrho_2}{\Delta t}$  von der Temperatur abhängt. Aus denselben Tabellen von AMAGAT finden wir z. B.

$$\text{bei } t = 30^\circ; \varrho_2 = 0,598; \varrho_1 = 0,334$$

$$t = 31^\circ; \varrho_2 = 0,536; \varrho_1 = 0,392$$

$$\frac{\Delta \varrho_1}{\Delta t} = 0,058; \frac{\Delta \varrho_2}{\Delta t} = 0,062$$

$$\frac{v_2}{v_1} = \frac{58}{62}; \frac{v_2}{v_1 + v_2} = \frac{58}{120}, \text{ also ungefähr } 0,5.$$

Dafs das Volumen der Röhre bei diesen Verhältnissen sehr nahe dem kritischen Volumen der Substanz entspricht, davon kann man sich auch leicht durch die Rechnung überzeugen.

Es sei das Volumen der Röhre gleich  $v$ . Bei  $20^\circ$  haben wir:

$$v_2 \rho_2 + v_1 \rho_1 = 0,45 v \cdot 0,766 + 0,55 v \cdot 0,190 = 0,449 v,$$

während bei der kritischen Temperatur

$$\rho_1 = \rho_2 = 0,464,$$

also die Masse der im Volumen  $v$  enthaltenen Substanz gleich  $0,464 v$  ist. Ebenso bei  $30^\circ$  finden wir:

$$0,5 v \cdot 0,598 + 0,5 v \cdot 0,334 = 0,466 v.$$

### Einfache Versuche zur Wärmewirkung der Elektrizität.

Von O. Ohmann in Berlin.

Um die Wärme des elektrischen Funkens zu zeigen, ist neben dem Versuch mit der elektrischen Pistole gewöhnlich die Entzündung von Äther üblich. Um die Wirkung auch an einem festen Körper zu demonstrieren, kann man sich des Eisenpulvers bedienen. Man versehe den einen Pol eines in ein Stativ  $S$  gespannten Hufeisenmagneten (Fig. 1) mit Eisenpulver und bringe den Knopf einer Leydener Flasche und den des Ausladers so in die Nähe des Eisenpulvers, dafs der überspringende Funke dasselbe trifft. Das Eisenpulver entzündet sich und brennt langsam ab. Sollte die Entzündung nicht sogleich gelingen, so wird dies zumeist daran liegen, dafs man die Leydener Flasche nicht kräftig genug geladen, vielleicht den einen Pol der Influenzmaschine nicht zur Erde (Gasleitung) abgeleitet hatte. — Lebhafter ist die Wirkung, wenn man ein Gemisch von Eisenpulver mit Kaliumchlorat ( $18\text{ g Fe}, 3\text{ g }KClO_3$ ) anwendet, das ebenso stark angezogen wird, wie Eisenpulver allein. Sobald der überspringende Funke zündet, brennt das Ganze in wenigen Augenblicken mit hellem Glanze ab. Um den Magneten zu schützen, kann man ihm vor dem Eintauchen in das Gemisch mit Asbestpapier umhüllen, das man mit Asbestfaden oder Draht befestigt.

Für die Entzündung von Äther pflegt man einen besonderen Apparat mit Trichter und Kette zu verwenden. Einfacher lässt sich die Wirkung zeigen, wenn man an einen in ein Stativ horizontal eingespannten Draht einen Bausch Asbestwatte steckt, diesen in Äther taucht, den man in einem Schälchen nähert, und die Entzündung wie oben vornimmt. Oder: man lege in ein halb mit Äther gefülltes Porzellanschälchen einen etwa 1 cm breiten Streifen Asbestpappe (lockere, ausgeglühte), so dafs derselbe noch 1 bis 2 cm über den Rand ragt. Der Äther zieht sich capillar in die Höhe — es empfiehlt sich jedoch, ihn vorerst seiner ganzen Länge nach in die Flüssigkeit zu tauchen — und kann an dem überragenden Ende in obiger Weise entzündet werden. Will man die Verbrennung wieder sistieren, so genügt das Auflegen bzw. Andrücken einer lockeren Asbestpappe. — Dieselben Versuche können auch mit Schwefelkohlenstoff vorgenommen werden.

Beiläufig sei erwähnt, dafs diese Anordnung auch geeignet ist, die Verdunstungskälte des Äthers zu demonstrieren. Durch Condensation des Wasserdampfes der Luft bilden sich in kurzer Zeit am oberen Rande des Streifens immer dicker werdende Massen von ziemlich (über  $\frac{1}{2}$  cm) langen Eiskristallen, deren Wachsen man mit bloßem Auge verfolgen kann.

Der Versuch mit der elektrischen Pistole zeigt zwar die Entzündbarkeit eines gasförmigen Körpers, doch dürfte es sich empfehlen, noch den aus der Spitze einer Glasröhre ausströmenden Wasserstoff sowie das aus dem Bunsenbrenner ausströmende Leuchtgas elektrisch zu entflammen. In dieser Weise lässt sich die Wärmewirkung des elektrischen Funkens an Körpern in allen drei Aggregatzuständen zeigen.

Als weiterer Entzündungsversuch sei noch der folgende mitgeteilt. Man mache eine Feile (die schlechteste, sonst unbrauchbare genügt) magnetisch — durch ein paar Striche gegen das Feilenende mit einem Pol eines stärkeren Hufeisenmagneten —, fasse dieselbe zu-

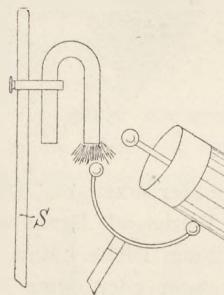


Fig. 1.

sammen mit dem einen Leitungsdräht  $P$  (s. Fig. 2), tauche sie in das oben erwähnte Gemisch und reibe mit dem anderen Leitungsdräht  $P'$  gegen das Ende der Feile. Es tritt

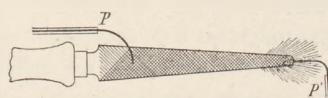
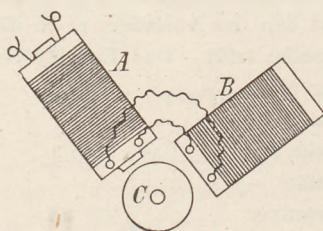


Fig. 2.

schnell und sicher die Entzündung ein (als Stromquelle für  $P$  und  $P'$  diente eine Tauchbatterie von 6 Elementen). Die Magnetisierung und die dadurch ermöglichte lockere Verteilung des Gemisches erscheint erforderlich, denn eine auf die unmagnetische Feile einfach aufgeschüttete Masse ließ sich nicht zur Entzündung bringen. Dagegen erscheint es zweifelhaft, ob der Öffnungsfunk oder die bloße Stromwärme das Wirksame bei der Entzündung ist.

### Für die Praxis.

Drehfeld mit Induktionsrollen. Von W. Weiler in Eßlingen. Wenn durch die dickdrahtige Spule einer Induktionsrolle  $A$  ein Wechselstrom geschickt und der in der dünn-drahtigen Rolle induzierte Strom in den dünnen Draht einer zweiten Rolle  $B$  gesendet wird, so erleidet der Strom in der Rolle  $B$  infolge der Selbstinduktion eine Phasenverschiebung,



die bei geeigneten Abmessungen  $90^\circ$  betragen kann und ein Drehfeld erzeugt. Stellt man vor die beiden rechtwinklig zu einander gestellten Spulen einen leichten Eisencylinder  $C$ , so rotiert er, auch ein Kupfercylinder dreht sich, nur langsamer; verstärkt wird die Wirkung, wenn man den Cylinder oder eine Scheibe mit 3 bis 6 Spulen symmetrisch bewickelt und jede Spule in sich kurz schließt. Den Wechselstrom kann man mit Tauchelementen und einem Vielfachstromwender erzeugen. Die Induktionsspulen des Verfassers haben 8,5 cm Länge, die Primärspule 2 Lagen mit Draht von 1 mm Dicke, die Sekundärspulen 14 Lagen mit Draht von 0,3 und 0,2 mm Dicke. Man kann somit ein Drehfeld mit 2 Induktorien und einem Vielfachstromwender oder einer kleinen Magnetinduktionsmaschine erzeugen. Die Phasenverschiebung tritt durch die Stellung der Induktionsspulen recht klar hervor.

wiederholt erzählt. Die Induktionsspulen des Verfassers haben 8,5 cm Länge, die Primärspule 2 Lagen mit Draht von 1 mm Dicke, die Sekundärspulen 14 Lagen mit Draht von 0,3 und 0,2 mm Dicke. Man kann somit ein Drehfeld mit 2 Induktorien und einem Vielfachstromwender oder einer kleinen Magnetinduktionsmaschine erzeugen. Die Phasenverschiebung tritt durch die Stellung der Induktionsspulen recht klar hervor.

Zum Einleiten chemischer Prozesse mittels glühenden Metalls (vgl. ds. Ztschr. VIII 366). Von O. Ohmann in Berlin. 1. Von *festen Körpern*, die sich mit der glühenden Stricknadel entzünden lassen, sei noch Magnesiumpulver angeführt, das sich besonders in der feinsten Form des Magnesiumstaubes — die am besten und preiswertesten von den „Elektrochemischen Werken“ in Bitterfeld, einer Zweiganstalt der Berliner Elektrizitätswerke, hergestellt wird — gut eignet. — 2. Die *Entzündung von Chlorknallgas* geht von statten, wenn man zwei gleiche Cylinder anwendet — wie es in Hofmanns „Einleit. in d. mod. Ch.“ 1871 S. 28 näher beschrieben ist —, nach der Mischung der Gase aber beide aneinanderliegende Cylinder aufrecht stellt und den oberen in dem Augenblick ein wenig abhebt, indem man die glühende Stricknadel nähert. — 3. *Entzündung eines Gemenges von Wasserstoff und Luft*. Ist man bei der Untersuchung des Wassers im Lehrgange bei der Frage angelangt, ob durch Vereinigung von  $H$  und  $O$  Wasser entstehe, so empfiehlt sich der nachfolgende Versuch als Vorversuch: Man fülle einen gut getrockneten Füllzylinder mit Wasserstoffgas, indem man ihn mit der Öffnung nach unten hält und einen mit dem Kippsschen Apparat verbundenen Kautschückschlauch einführt. Man schließt mit einer Deckplatte, stellt den gefüllten Cylinder aufrecht und setzt einen ebenso großen, gut getrockneten leeren, d. h. mit Luft gefüllten Cylinder darauf. Entfernt man die Deckplatte, so vollzieht sich die Mischung, die man noch durch Schwenken unterstützen kann. Verfährt man nun wie beim vorigen Versuch, so werden nach der Explosion beide Cylinder durch niedergeschlagenen Wasserdampf stark trübe.

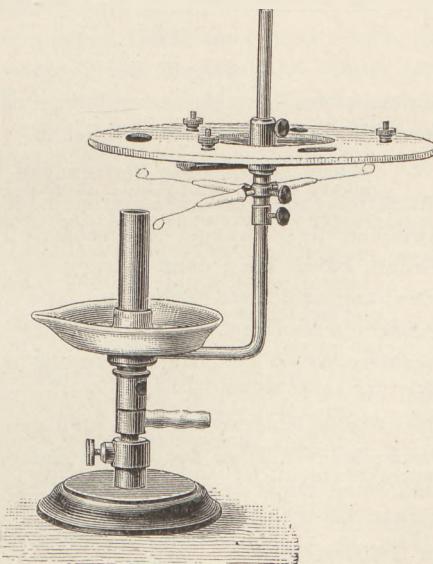
## Berichte.

### 1. Apparate und Versuche.

**Ein akustisches Thermometer.** Von G. QUINCKE (*Wied. Ann.* 63, 66; 1897). Die Temperatur einer Luftmasse wird mit der Schallgeschwindigkeit in dieser Luft oder der Wellenlänge eines Tones von constanter Tonhöhe bestimmt. Hierzu benutzt QUINCKE einen Interferenzapparat, der aus einer an einem Ende geschlossenen Interferenzröhre und einem engeren, beiderseits offenen Hörrohr besteht, das in die erste hineingeschoben werden kann; das herausragende Ende des Hörrohrs ist durch einen langen Gummischlauch mit dem Ohr des Beobachters verbunden. Zur Messung hoher Temperaturen wird der Interferenzapparat aus feuерfestem Material hergestellt. Stellt man vor der Mündung der Interferenzröhre eine tönende Stimmgabel auf, so ist die Tonstärke ein Maximum, Minimum, Maximum etc., wenn die Länge der Luftsäule zwischen dem Boden der Interferenzröhre und dem Ende des Hörrohrs 0, 1, 2, 3 etc. Viertelwellenlängen des betreffenden Tones beträgt. Diese Längen lassen sich mit Hülfe eines Millimeterstabes bis auf 0,1 mm genau bestimmen. Ist  $a_0$  diese Länge für eine Temperatur von  $0^\circ$ ,  $a$  die entsprechende für  $\tau^\circ$ , so zeigt eine Rechnung, dass für einen Ton von 300 Schwingungen in 1 Sekunde der in Millimetern gemessene Unterschied  $a - a_0$  direkt den Temperaturunterschied  $\tau - \tau_0$  in Centesimalgraden angibt. Diese Temperaturmessung setzt nur voraus, dass die Luft innerhalb der gemessenen Strecke constante Temperatur hat. QUINCKE fand das akustische Thermometer bei Temperaturen von  $100^\circ$  bis  $750^\circ$  brauchbar und ist der Meinung, dass es auch für die höchsten Ofentemperaturen der Technik wird benutzt werden können.

Schk.

**Natriumbrenner.** Prof. Reed stellte einen solchen her, indem er einen genügend breiten und einige Millimeter dicken Streifen von Asbestpappe mit einem Loch von etwa 1 cm Durchmesser versah und so über dem Bunsenbrenner befestigte, dass der Flammenkegel gerade in das Loch hineinpäste. Um das Loch herum wurden reichliche Mengen von Natriumnitrat, das leicht, ohne zu zerknistern, schmilzt, oder Bromnatrium, das eine besonders hohe Lichtstärke liefert (*Wied. Ann.* XXXVIII 675; 1889), angehäuft. Diese Anordnung ist bequem zu handhaben, die Leuchtkraft der Flamme hält sehr lange an, das Salz wird ringsum von allen Seiten in die Flamme eingeführt und man kann durch Abänderung der Form der Öffnung in der Asbestscheibe der Flamme die für manche Zwecke sehr erwünschte Breite geben. Diesem Brenner hat C. PULFRICH (*Zeitschr. f. Instr.* XVIII 52; 1898) die in nebenstehender Figur abgebildete Form gegeben. An dem seitlichen Träger des Brenners ist eine von drei Armen getragene ringförmige Asbestscheibe mit drei runden und elliptischen Öffnungen angebracht. Sie lässt sich um den lotrechten Teil des Stabes drehen und an ihm festklemmen. Man kann bequem Träger und Scheibe von dem Brenner entfernen und die Natriumsalze in der gewöhnlichen Weise mittels der Platindrähte in die Flamme einführen. Dieser Natriumbrenner wird von C. Desaga in Heidelberg hergestellt und kostet nebst einer Ersatzscheibe 16,50 M.

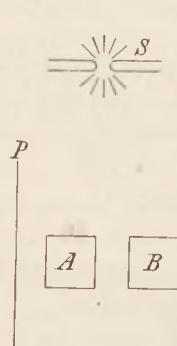


H. H.-M.

**Eine neue Gas-Waschflasche.** Von P. FUCHS. Vom Glastechnischen Institut von G. Müller-Ilmenau wird eine neue sehr empfehlenswerte Gaswaschflasche hergestellt, bei der das Gas nicht nur in eine Waschflüssigkeit, sondern auch noch in einen damit combinierten Trockenturm geleitet wird, der sich innerhalb der Flasche selbst befindet. Hierdurch wird der

schädliche Raum über dem Niveau der Waschflüssigkeit beträchtlich verringert. Unterstützt wird die günstige Wirkung dadurch, daß das Gas nicht durch eine gewöhnliche Glasröhre in die Waschflüssigkeit tritt, wodurch immer ziemlich große Blasen gebildet werden, sondern daß diese Röhre unten in eine mit 4 feinen Löchern versehene Kugel endigt. Hierdurch ist ein Aufwallen der Flüssigkeit vermieden und es tritt das Gas mit der Waschflüssigkeit in innige Berührung, da nur kleinste Blasen entstehen, so daß z. B. Schwefelsäure dadurch ein milchiges Aussehen bekommt. Verfasser bemerkt mit Recht, daß man diese Vorrichtung an allen Waschflaschen anbringen sollte. (*Ztschr. f. angew. Chem.* 1898, 4, S. 77.) O.

**Versuch über Absorption des Lichts durch fluoreszierende Körper.** Von J. BURKE (*Nature* vom 3. März 1898). Eine photographische Platte *P* ist vor zwei gleichen Würfeln von Uranglas *A* und *B* so aufgestellt, daß von *B* ausgehendes Licht durch *A* hindurchgehen muß, bevor es die photographische Platte *P* trifft. Eine an ultravioletten Strahlen reiche Lichtquelle *S* erleuchtet die Würfel durch Strahlen parallel der Platte *P*, die aber selbst vor direkter Einwirkung jener geschützt ist. Zuerst wird nun ein Bild hergestellt, wenn die beiden Würfel zugleich in der beschriebenen Lage beleuchtet sind. Dann wird die Platte *P* verschoben und ein zweites Bild erzeugt, bei dem jeder der beiden Würfel einzeln beleuchtet



ist. Ist die Expositionsduauer beide Male dieselbe, so zeigt doch das zweite Bild eine stärkere Lichtwirkung an als das erste. Die einfachste Erklärung dieser merkwürdigen Erscheinung giebt die Annahme, daß der Würfel *A* das von *B* ausgehende Licht stärker absorbiert, wenn er sich im Zustande der Fluorescenz befindet, als wenn er von den Lichtstrahlen der Quelle *S* nicht getroffen wird. Das Kirchhoffsche Gesetz der Gleichheit von Emission und Absorption ist hier nicht ohne weiteres anwendbar, da bei dem beschriebenen Versuch ein Körper ohne Erhöhung der Temperatur seine Absorptionsfähigkeit verändert, indem er unter Einwirkung einer äußern Lichtquelle Strahlen aussendet, welche zugleich mit der Erregung selbst ausgelöscht werden. Man könnte vielleicht den Begriff der Temperatur auch auf die Schwingung der fluoreszierenden Moleküle des Uranglasses ausdehnen oder, wie Verf. vorzieht, in dem Kirchhoffschen Gesetze jenen Begriff gänzlich unterdrücken.

Schk.

**Scharf geschichtete Entladungen in freier Luft** bei Atmosphärendruck erhält M. TOEPLER durch folgende Versuchsanordnung (*Wied. Ann.* 63, 109; 1897). Er schiebt in den Schlagraum zwischen die Polkugeln eine schmale Platte eines passenden Halbleiters (trockenen Schiefer, Granit, Basalt etc.); dann entsteht auf der negativen Seite eine geschichtete, auf der positiven eine ungeschichtete Entladung, die Grenze bildet der Halbleiter. Benutzt wurden vier Schachtelbatterien, die von einer 60plattigen Toeplerschen Maschine geladen wurden. Der negative Anteil des Funkens besteht aus einer weisvioletten Austrittsfläche an der Kathode und bis zu 6 Schichten, deren Farbe von der Intensität der Entladungen abhängt. Zwischen der sehr hellen Austrittsfläche und der ersten Schicht ist ein scharfer, ganz dunkler Zwischenraum; beide dürften der blauen Kathodenschicht und dem Dunkelraum zwischen Kathoden- und Anodenlicht in gasverdünnnten Räumen entsprechen. Auch die sonstigen Gesetzmäßigkeiten der Schichtenbildung gleichen völlig den Gesetzen der Schichtung des Anodenlichts in Geisslerröhren.

Schk.

## 2. Forschungen und Ergebnisse.

**Das Zeemannsche Phänomen.** Weitere Mitteilungen über den Einfluß eines Magnetfeldes auf die Lichtemission (vergl. d. *Zeitschr. X* 159) machen O. LODGE und B. DAVIES (*Proceed. of the R. S.* LXI 413; *Naturwiss. Rundschau* XII 627.) Bei niedriger Temperatur werden die beiden Natriumlinien unter Einwirkung des Magnetismus zuerst verbreitert, bei größerer Feldstärke wird jede Linie verdoppelt, indem eine dunkle Linie in ihrer Mitte auftritt. Hierbei muß die Flamme vorn im Magnetfelde stehen und zuerst scharf und einfach erscheinen. Steht die Flamme teilweise hinter dem Felde und erscheint — bei höherer Temperatur —

jede Linie als breite Doppellinie mit verschwommenen Rändern, so verbreitert die Magnetisierung die Verdoppelung; in stärkerem Felde erscheint inmitten des dunkeln Bandes wieder eine helle Linie, noch stärkere Magnetisierung läßt in dieser wieder eine dunkle Linie auftreten, so daß die Gruppe der beiden D-Linien achtfach erscheint. Ein Nicol hebt alle Wirkungen des Magnetismus auf und stellt das ursprüngliche Aussehen der Linie wieder her. Die gleiche Beobachtung machten die Verff. an den roten Linien der Lithium- und Thalliumsalze, die grünen Linien zeigten es weniger deutlich. Die rote Cadmiumlinie eines Funkenspektrums zeigte die Einwirkung des Magnetismus ebenso deutlich wie die Flammenpektren. In allen Versuchen wurde das Spektrum durch ein Rowlandsches Gitter entworfen.

Um das ZEEMANNSCHE Phänomen leichter und sicherer beobachten zu können, beschreibt W. KÖNIG eine neue Versuchsanordnung (*Wied. Ann.* 62, 240; 1897), die je nach der Richtung der Kraftlinien etwas verschieden ausfällt. Zur Untersuchung der Erscheinung in der Richtung der Kraftlinien ließ KÖNIG das Licht einer Bogenlampe die Öffnung der Polschuhe eines Elektromagneten in Richtung der Axe durchsetzen; die Strahlen passierten einen Spektralapparat, auf dessen Tischchen sich ein Rowlandsches Gitter befand. Das Ocular konnte auch durch ein Quinckesches Horizontalmikroskop ersetzt werden. Zwischen den Polen des Elektromagneten wurde mit Bunsenbrenner und Kochsalzperle eine Natriumflamme erzeugt; im Beugungsspektrum des elektrischen Lichtes erschienen dann sehr deutlich die dunkeln D-Linien. Im magnetischen Felde sollen diese Linien verbreitert und an den Rändern entgegengesetzt cirkularpolarisiert werden. Um dieses besonders deutlich zu machen, teilt KÖNIG das Gesichtsfeld in zwei Hälften. Vor den Spalt des Collimatorrohres werden zwei  $\lambda/4$ -Platten von Glimmer so nebeneinander gelegt, daß die gleichen Axen einen Winkel von  $90^\circ$  miteinander bilden; die eine bedeckt die obere, die andere die untere Fläche des Spaltes. Ein zwischen Collimator und Gitter gestelltes großes Nicolsches Prisma wirkt als Analysator und bringt bei Drehung bald die eine, bald die andere Hälfte des Gesichtsfeldes zum Verlöschen. Um die Grenzlinie beider Hälften etwas zu verschärfen, nimmt KÖNIG statt der Doppelplatte auch eine den ganzen Spalt bedeckende  $\lambda/4$ -Platte, deren Axen einen Winkel von  $45^\circ$  mit der Richtung des Spaltes bilden, ferner statt des Nicols ein doppeltbrechendes Prisma. Letzteres wurde so orientiert, daß das außerordentliche Bild des Spaltes genau in die Verlängerung des ordentlichen fiel; die Länge des Spaltes wurde so vermindert, daß beide Spaltbilder sich nicht überdeckten, sondern in einer scharfen Linie aneinander grenzten. Mit beiden Methoden beobachtet man eine gegenseitige Verschiebung der D-Linien in beiden Gesichtsfeldern, und es läßt sich mittels des Analysators (dessen Wirkung vorher durch Einschaltung einer cirkularpolarisierenden Substanz zu bestimmen ist) feststellen, daß die Spektrallinien an dem Rande, welcher nach den längeren Wellen zu liegt, rechtsherum, an dem entgegengesetzten linksherum cirkularpolarisiert sind, wenn die Kraftlinien mit dem Lichte laufen. Die beiden gegeneinander verschobenen Hälften lassen sich durch Drehung des Prismas bei der zweiten Methode wieder auf völlige Geradheit zurückführen; bei Umkehrung der Stromrichtung erscheint die Wirkung dann in doppelter Gröfse. Man kann so die Gröfse der Verschiebung messen. KÖNIG fand, daß bei einer Feldstärke von 7300 C. G. S. der Zeemannsche Effekt  $\frac{1}{56}$  des Abstandes der beiden D-Linien betrug.

Zu Beobachtungen senkrecht zu den Kraftlinien wird der Magnet um  $90^\circ$  gedreht, so daß die Strahlen des elektrischen Lichtes senkrecht zu den Kraftlinien zwischen den Polen hindurchgehen. Die Durchbohrung fällt weg, man nimmt am besten einen abgerundeten und einen ebenen Pol. KÖNIG verwendet wieder zwei Methoden zur Untersuchung. Bei der ersten wird über die eine Hälfte des Spaltes eine  $\lambda/2$ -Glimmerplatte geklebt, deren Axenrichtungen Winkel von  $45^\circ$  mit der Spaltrichtung bilden. Dieselbe dreht die Schwingungsrichtung des geradlinig polarisierten einfallenden Lichts um  $90^\circ$ , ein Nicol dient als Analysator. Die zweite Methode ist ganz entsprechend der zweiten oben besprochenen, nur die  $\lambda/4$ -Glimmerplatte fällt weg, und das doppeltbrechende Prisma gibt direkt zwei senkrecht zu einander polarisierte Spaltbilder. Man sieht bei beiden Methoden die Linien in der einen

Hälfte des Gesichtsfeldes schmal und gleichmäßig dunkel, in der andern verbreitert, gleichmäßig hell, in der Mitte mit scharfen dunklen Rändern. Es geht daraus hervor, daß in dem Mafse, als das vertikal schwingende Licht sich an den Rändern ansammelt, die Mitte den entgegengesetzten Polarisationszustand annimmt.

In noch einfacherer Weise läßt sich, wie KÖNIG in *Wied. Ann.* 63, 268; 1897 mitteilt, die Erscheinung senkrecht zu den Kraftlinien demonstrieren. Zwei hinter einander stehende Natronflammen werden durch geeignete Regulierung ihrer Temperaturen so abgeglichen, daß das Licht der einen von der zweiten absorbiert wird. Deckt man ein Drahtnetz über eine Bunsenflamme und bringt in den unteren Teil eine Kochsalzperle, so leuchten die Natriumämpfe über dem Drahtnetz nur schwach und absorbieren das Licht einer anderen mäßig hellen Kochsalzflamme vollständig. Durch einen Blecheylinder wird der helle, untere Teil der Absorptionsflamme abgeblendet. Befindet sich die Emissionsflamme zwischen den Polen eines starken Elektromagneten, die Absorptionsflamme außerhalb des Feldes, so werden in der ersten neue Schwingungen hervorgerufen, die von der zweiten nicht absorbiert werden und einen bestimmten Polarisationszustand haben. Durch eine dichroskopische Lupe oder ein doppeltbrechendes Prisma ist die Polarisation wahrzunehmen. Färbung der Emissionsflamme mit einem zweiten Salze läßt beide Bilder verschiedenfarbig erscheinen. Schk.

**Kanalstrahlen.** Von GOLDSTEIN ist zuerst (*Berl. Akademie-Ber.* 39, 691; 1886; wieder abgedruckt in *Wied. Ann.* 64, 38; 1898) eine besondere Art von Strahlen beschrieben worden, die von einer durchlöcherten Kathode, vorzugsweise nach der der Anode entgegengesetzten Seite ausgesendet werden und die er „Kanalstrahlen“ nannte. GOLDSTEIN hatte einen aus engmaschigem Drahtnetz gerollten Cylinder zur Kathode genommen; an dem einen Ende derselben befand sich ein Glasröhrchen, in das die Anode eingeschmolzen war. Der Strom ging also von dieser nach der inneren Seite des Kathodenrohres, und demzufolge war auch auf dieser blaues Kathodenlicht sichtbar. Aber auch die Aussenseite des Netzrohres war von hellem, goldgelbem Licht umgeben, welches den ganzen Raum von der Kathode bis zur Wand des 5 cm weiten Gefäßes vollständig erfüllte. Weitere Versuche zeigten, daß die Erscheinung immer auftrat, wenn das Entladungsrohr durch die Kathode in zwei Teile geteilt ist, die durch enge Öffnungen mit einander communizieren und deren einer die Anode enthält. GOLDSTEIN benutzte Röhren von der in der Figur skizzierten Form. Die siebartig durchlöcherte Kathode *K* bildet den Boden einer auf ein Glasrohr *r* fest aufgeschobenen Kapsel; der Draht leitet die negative Elektrizität hinzu, *A* ist Anode. Auf der Vorderseite der Kathode (zwischen *K* und *A*) zeigte sich die gewöhnliche Lichterscheinung: zuerst eine schmale gelbe Schicht, dann das blaue Kathodenlicht. Auf der Rückseite (zwischen *K* und *B*) erschien dann das gelbe Licht, ohne jede Beimischung von blauen Strahlen. Es besteht aus Strahlbündeln, die von jeder Öffnung der Kathode ausgehen. Sie sind convergent gegen die Achse der Kathodenplatte, ihre Convergenz nimmt mit fortschreitender Verdünnung zu. Im Gegensatz dazu sind die blauen Kathodenstrahlen divergent gegen die Kathodenachse, und ihre Divergenz nimmt mit der Evakuierung zu. Die Achsen der gelben Bündel erscheinen wie die nach rückwärts gerichteten Verlängerungen der blauen Strahlen. Bohrt man die Kanäle nicht senkrecht, sondern schräg zur Kathodenplatte, so ändert sich die Richtung der gelben Strahlen nicht, wohl aber ihre Lichtintensität, die mit wachsender Neigung der Kanalachsen geringer wird. Mit wachsender Verdünnung verlängern sich die gelben Strahlen und bilden hohe Lichtgarben; Röhren von 45 cm Länge wurden vollständig von ihnen erfüllt. Bei hohen Verdünnungen gehen nur von den nach der Mitte zu gelegenen Öffnungen gelbe Strahlen aus; das sind aber zugleich dieselben, welche auf der Vorderseite noch mit der ersten gelben Schicht bedeckt sind. GOLDSTEIN schließt hieraus, daß der Ursprung der Kanalstrahlen auf der Vorderseite der Kathode zu suchen ist, und daß sie mit der ersten Schicht des Kathodenlichts wesensgleich sind. Die Farbe der Kathodenstrahlen ist nur in Luft und Stickstoff goldgelb, in Wasserstoff rosa, in Sauerstoff gelblichrosa u. s. w., überall



aber ist die Farbe nahezu dieselbe wie die der ersten Kathodenschicht. Das Spektrum zeigt gewisse Verschiedenheiten von dem Spektrum des Kathodenlichts, am auffallendsten bei Sauerstoff, wo statt des Bandenspektrums das reine Vier-Linien-Spektrum auftritt. Eine Phosphorescenz der Glaswand erzeugen die Kanalstrahlen fast garnicht, das Metall der Kathode wird auch nicht von ihnen zerstiebt. Sind die Kanäle sehr weit, so tritt bei geringer Verdünnung auch an der Rückseite gewöhnliches Kathodenlicht auf, das bei höherer Verdünnung den Kanalstrahlen das Feld räumt. Bei engen Kanälen sind diese schon bei höherer Dichte gut entwickelt. Zur Untersuchung eines einzelnen Bündels Kanalstrahlen erwies sich eine Kathode mit nur einer  $3\frac{1}{2}$  mm weiten Öffnung, auf der ein 2 cm weites Metallröhren aufgelötet ist, als besonders geeignet. Ein in die Bahn eines solchen dicken Bündels eingeschalteter Draht wirft einen ebensolchen Schatten wie in einem Bündel blauer Kathodenstrahlen. Zwei Bündel Kanalstrahlen durchkreuzen sich, ohne sich abzulenken. Durch einen starken Elektromagneten wurden sie ebenfalls nicht abgelenkt; auch die Nähe einer andern Kathode übte keinen Einfluss aus.

Der Einfluss, welchen Kanalstrahlen auf verschiedene Substanzen ausüben, wird von W. ARNOLD näher untersucht (*Wied. Ann. 61, 325; 1897*). Zu den Versuchen diente ein von Stuhl in Berlin bezogener Apparat, bei welchem an dem von den Kanalstrahlen getroffenen Rohrende (B der Figur) ein besonderes Rohr mit den zu untersuchenden Stoffen eingekittet werden konnte. Die von Kanalstrahlen getroffene Glaswand leuchtet rotgelb; mit der Zeit läfst das Leuchten nach, kann aber durch Erwämen wieder hervorgebracht werden. Chlornatrium leuchtet auch rotgelb, doch tritt keine Färbung des Salzes ein, wie es unter dem Einfluss der Kathodenstrahlen der Fall ist (*d. Zeitschr. X 155*). Bei letzteren entweicht wohl das Chlor unter Bildung der Subchloride, bei den Kanalstrahlen das Metall. Auch andere Salze lumineszieren durch Kanalstrahlen in verschiedenen Farben, verlieren aber rasch die Fähigkeit dazu, wenn man nicht durch Schütteln der Pulver neue Teile an die Oberfläche bringt. Im Gegensatz hierzu zeigen die Salze bei Kathodenstrahlen in 10—15 Minuten keine merkliche Schwächung des ausgesandten Lichtes. Lichtdicht den Kanalstrahlen ausgesetzte photographische Platten zeigten keine Veränderung. Eine elektrisch geladene Metallplatte verlor unter dem Einfluss der Kanalstrahlen sogleich ihre Ladung, mochte sie positiv oder negativ sein. Die Energie der Kanalstrahlen ist eine grofse, da ein in den Gang derselben gebrachtes Thermometer in kurzer Zeit um mehrere Grade stieg.

Einige weitere Eigenschaften der Kanalstrahlen beschreiben E. WIEDEMANN und G. C. SCHMIDT (*Wied. Ann. 62, 468; 1897*). Sie benutzen eine Vakuumröhre, in deren Mitte ein Drahtnetz oder durchbohrtes Blech eingekittet ist; an der einen Seite befindet sich die Anode, ein Seitenrohr führt zur Luftpumpe und macht eine Änderung des Druckes möglich. Je enger die Röhre ist, um so früher bilden sich sowohl Kathoden- als Kanalstrahlen aus. Die Verfasser fanden, dass Gase, welche von Kanalstrahlen durchsetzt werden, elektrische Schwingungen absorbieren, also eine Schirmwirkung ausüben. Kanalstrahlen, die eine Kathode treffen, setzen das Entladungspotential herab. Transversalentladungen gehen durch Kanalstrahlen mit grofser Leichtigkeit hindurch. Überhaupt verhalten sich unter dem Einfluss von Kanalstrahlen lumineszierende Gase sehr ähnlich wie solche, die durch elektrische Entladungen zum Leuchten gebracht werden.

Ob die Kanalstrahlen gleich den Kathodenstrahlen Träger elektrischer Ladungen sind, untersuchte W. WIEN (*Verh. d. phys. Ges. zu Berlin 16, 170; 1897*). Die von einem feinen Drahtnetz als Kathode ausgehenden Kanalstrahlen trafen eine mit einem Elektrometer verbundene Elektrode; die Anordnung entsprach sonst ganz der in *d. Zeitschr. XI 87*. beschriebenen. Bei allen Versuchen wurde eine Funkenstrecke von 2 cm eingeschaltet. Die Ladung der Elektrode war stets positiv, auch bei grofsen Drucken, wenn die Kanalstrahlen noch nicht sichtbar waren. Bei Bedeckung des Drahtnetzes mit Papier, Glimmer oder Metall hörte jede Wirkung auf. Wurde zwischen Drahtnetz und Anode eine zweite durchlöcherte Platte gesetzt und diese zur Kathode gemacht, so traten aus dem Gitter Kanalstrahlen mit Kathodenstrahlen untermischt heraus. Bei höheren Drucken überwogen die letzteren, und die Ladung

wurde negativ, bei niedrigeren Drucken die ersteren, und damit erschien positive Ladung. Durch Annäherung eines Magneten konnte man die Kathodenstrahlen zur Seite drängen und eine negative Ladung in eine positive umwandeln. Aus den Versuchen WIENS scheint also hervorzugehen, dass in einer Vakuumröhre die Kathodenstrahlen die Träger der negativen, die Kanalstrahlen die Träger der positiven Ladung sind.

Es ist WIEN ebenfalls gelungen, eine elektrostatische und magnetische Ablenkung der Kanalstrahlen nachzuweisen (*a. a. O. Jhrg. 17, S. 10; 1898*). In eine Metallplatte als Kathode war ein Loch von 2 mm Durchmesser gebohrt und beiderseits Glasröhren aufgekittet. In der einen Röhre befand sich die Anode, in der andern zwei einander gegenüberstehende Elektroden. Wurden diese durch einen Hochspannungsakkumulator auf eine Spannungsdifferenz von 2000 Volt gebracht, so wurden die zwischen ihnen hindurchgehenden Kanalstrahlen um etwa 6 mm abgelenkt und zwar wurden sie von der negativen Elektrode angezogen. Zur Beobachtung der magnetischen Ablenkung nahm WIEN zur Kathode eine Eisenplatte von 2,5 cm Dicke, in deren Mitte sich die 2 mm-Öffnung befand; auf beiden Seiten waren die Glasröhren wie oben aufgekittet. Die Polschuhe des Elektromagneten wurden dicht an die Eisenplatte angelegt, sodass die Kanalstrahlen zwischen ihnen die Röhre durchzogen. Die andere Röhre, welche die Kathodenstrahlen enthielt, wurde ganz in einen Eisencylinder eingeschlossen; dadurch wurde die Wirkung der magnetischen Kräfte auf die letzteren Strahlen sehr geschwächt. Nach Erregung des Elektromagneten zeigte sich nun in der That eine Ablenkung der Kanalstrahlen um etwa 6 mm und zwar nach der entgegengesetzten Richtung wie bei den Kathodenstrahlen. Die Stärke des Magnetfeldes betrug etwa 3250 CGS. WIEN berechnet die Geschwindigkeit der Kanalstrahlen zu  $3,6 \cdot 10^7$  cm/sec und das Verhältnis der Masse zur Ladung zu  $3,2 \cdot 10^{-3}$ . Er zieht aus seinen Beobachtungen den Schluss, „dass die Kathodenstrahlen mit den Vorgängen bei der Elektrolyse, wo die entgegengesetzt geladenen Ionen mit verschiedenen Geschwindigkeiten in entgegengesetzter Richtung wandern, am nächsten verwandt sind“.

*Schk.*

**Untersuchungen über den Induktionsapparat.** Obwohl der Bau der Induktionsapparate bereits eine hohe Stufe der Vollkommenheit erreicht hat, weist die Theorie dieser Apparate doch noch manche Lücken auf. Bekannt ist, dass bei der Schließung des primären Stroms die Spannungen an den Polen der Induktionsrolle verhältnismässig langsam bis zu einer geringen Höhe wachsen, um in gleicher Weise wieder herabzusinken, dass dagegen die Spannungen bei der Öffnung sehr schnell ein weit höheres Maximum erreichen und in kürzester Zeit wieder verschwinden. Überall wo es auf die Entwicklung einer auch nur einigermaßen hohen Spannung ankommt (z. B. beim Betrieb von Röntgenröhren), kommt daher der Schließungsinduktionsstrom überhaupt nicht in Betracht; bei Versuchen von B. WALTER (s. u.) betrug die sekundäre Funkenlänge bei der Schließung nur Bruchteile eines Millimeters gegen 30 cm bei der Öffnung. Die Schlagweite, nach der man die Leistungsfähigkeit eines Induktoriums in der Regel beurteilt, hängt hiernach ausschliesslich von der Spannung des sekundären Öffnungsstromes ab.

In bezug auf den Zusammenhang von Schlagweite und Spannung ist bisher nur festgestellt, dass erstere mit der letztern wächst, doch fehlte es bisher an genauen Messungen der höheren Spannungen wie an Angaben über die höchsten Werte, bis zu denen die Spannung an den Polen des Induktoriums ansteigt. Untersuchungen hierüber hat kürzlich A. OBERBECK veröffentlicht (*Wied. Ann. 62, 111; 1897*). Anknüpfend an Untersuchungen von Precht (*Wied. Ann. 49, 150; 1893*) bediente er sich zur Messung des Maximalpotentials der entladenden Wirkung einer Spalte, die einer mit dem einen Pol des Induktoriums verbundenen Kugel genähert wurde, bis der Beginn der Entladung eintrat; dieser Beginn wurde an einem mit der Nadel verbundenen Elektrometer (Braunsches Elektrometer von hoher Empfindlichkeit) beobachtet. Vorversuche, bei denen die zu entladende Kugel mit einer constant geladenen Leydener Flasche in Verbindung stand, hatten gezeigt, dass die Entladung für jedes gewählte Potential in einer bis auf  $\frac{1}{2}$  cm bestimmten Entfernung eintrat, z. B. für 19000 Volt bei 22 cm, für 5800 Volt in 8,5 cm. Eine Reihe so gewonnener Wertepaare wurde

zur Herstellung einer Kurve benutzt, die natürlich für jede einzelne, zu weiteren Messungen benutzte Spitze besonders entworfen werden mußte; die Entfernungen ( $r$ ) wurden als Abscissen, die Potentiale ( $V$ ) als Ordinaten aufgetragen. Dabei zeigte sich, daß die Werte von  $V$  bei gleichen Ladungen des Conduktors kleiner für positive als für negative Ladungen waren, daß also der Ausfluß negativer Elektrizität aus der Nadel leichter erfolgte als der von positiver Elektrizität.

Um die beschriebene Methode auf die zu untersuchenden Induktorien (ein kleines von 3 cm, ein größeres von 30 cm Funkenlänge) anzuwenden, wurde die vorher benutzte Conduktorkugel mit dem einen Pol durch einen langen Messingstab verbunden, so daß sie sich in 120 cm Entfernung von dem Apparat befand und allen direkten elektrostatischen Einwirkungen, die von diesem ausgehen könnten, entzogen war. Als Unterbrecher diente ein doppelt wirkender Wagnerscher Hammer, der durch zwei mit der einen Unterbrechungsstelle verbundene Akkumulatoren betrieben wurde, während die andere Unterbrechungsstelle in den primären Stromkreis des Induktoriums geschaltet war. Es wurden nun die Entfernungen  $r$  wie vorher bestimmt, die Größen von  $V$  aus den Kurven ermittelt und endlich die Spannung  $P$  des primären Stroms für jeden Fall gemessen. Der primäre Strom wurde dadurch variiert, daß die Pole einer Kette von 9 Akkumulatoren durch einen Widerstand geschlossen und von dessen Enden Zweigleitungen nach dem Induktorium geführt wurden. Die Primärspannung hing demnach von dem vorgelegten Widerstande ab; die Werte von  $P$  lagen zwischen 6 und 14 Volt, die zugehörigen von  $V$  zwischen 13 000 und 29 000 Volt. Es stellte sich heraus, daß zunächst bei dem kleineren Induktorium das Verhältnis  $S/P$  constant blieb, es hatte Werte zwischen 2200 und 2057. Bei einem gegebenen Induktionsapparat und einer bestimmten Art der Unterbrechung des primären Stroms hat hiernach die Maximalspannung der sekundären Rolle und die Klemmspannung des primären Stroms ein constantes Verhältnis, dessen Wert man als die Transformationszahl des Induktoriums unter den gegebenen Umständen bezeichnen kann. Bei Anwendung eines Deprez-Unterbrechers waren die Resultate nicht so einfach, doch lagen die Transformationszahlen ebenfalls zwischen 2000 und 3000. Bei dem größeren Induktorium ergaben sich nach Anbringung gewisser Korrekturen ebenfalls nahezu constante Werte für die Transformationszahlen, bei Anwendung des Doppelhammers 3487, bei rotierendem Quecksilberunterbrecher (nach Hofmeister) mit schnellem Gang 4462, mit langsamem Gang 5408. Für den Zusammenhang von Spannung und Funkenlänge wird endlich eine Beobachtungsreihe mitgeteilt, die von 16 mm (bei 12 500 Volt) bis 110 mm (bei 60 600 Volt) steigt.

P.

**Erwärmende Wirkung der Röntgenstrahlen.** Von E. DORN (*Wied. Ann.* 63, 160; 1897). Zwei nahe gleich weite Gläsröhren waren beiderseits mit Aluminiumblechen verschlossen und mit den beiden Schenkeln einer TOEPLERSchen Drucklibelle verbunden. Die eine der Röhren wurde Röntgenschen Strahlen ausgesetzt; die Vakuumröhre befand sich mit dem Induktionsapparat in einem Nebenzimmer, und die Strahlen traten durch ein Bleidiaphragma, welches in einer Maueröffnung angebracht war, in den Beobachtungsraum. Ein Aluminiumblech schützte die Versuchsröhren vor strahlender Wärme, auch waren sie in Watte gehüllt. Wurde nun die eine der Röhren von Röntgenstrahlen durchsetzt, während die andere beschirmt war, so zeigte der Meniscus der Libelle nur geringe Schwankungen, welche keinen Schlufs auf eine Temperaturerhöhung zuließen. Das war aber nur dann der Fall, wenn die bestrahlte Röhre nur Luft enthielt. Machte man in ihr Einlagen von Metallblättern (z. B. sieben den Querschnitt fast vollkommen ausfüllende Scheiben von Platinfolie), so bewirkten die Röntgenstrahlen eine unverkennbare Temperaturerhöhung. Eine vorgesetzte Glasplatte drückte die Wirkung auf ein Viertel herab. Daß dieselbe nicht von strahlender Wärme herrührte, zeigte ein Vergleichsversuch mit einem erhitzten Lötkolben, der die Temperatur nicht änderte. Dorn berechnet aus seinen Versuchen auch die hierbei entwickelte Wärmemenge und findet, daß diese unter sonst gleichen Umständen nahe der Absorption der Röntgenstrahlen parallel läuft.

Durch eine Hilfsbeobachtung ließ sich die gesamte absorbierte Energie der Röntgenstrahlen bestimmen. Dazu wurden die 7 Scheiben von Platinfolie aufgeschnitten und die nur

am Rande zusammenhängenden Hälften der verschiedenen Platten abwechselnd aneinander gelötet, wodurch ein Zickzack von Platinfolien entstand, welches in die Versuchsröhre hineingebracht wurde. Eingekittete Kupferdrähte ließen einen Strom durch die Platinfolien leiten, der sie (bei passend gewählter Stärke) ebenso erwärme, wie es durch Absorption der Röntgenstrahlen geschah. Da sich die in der Sekunde vom Strom entwickelte Wärmemenge berechnen lässt, so kann durch Vergleich hiermit auch die Wärmewirkung der Röntgenstrahlung bestimmt werden. DORN fand diese bei einem Versuch = 1,51 mg-Cal. in der Sekunde oder, da 5 Unterbrechungen in der Sekunde stattfanden, = 0,30 mg-Cal. für eine Entladung; ein anderer Versuch ergab für dieselben Größen 1,86 bzw. 0,18 mg-Cal. In dem ersten Falle war ein grösseres Induktorium verwendet als im zweiten.

Schk.

#### Über die Schirmwirkung elektroluminescierender Gase gegen elektrische Schwingungen.

Von E. WIEDEMANN und G. C. SCHMIDT (*Wied. Ann.* 62, 461, 1897). Gase, die durch elektrische Schwingungen zum Leuchten gebracht werden, thun dies hauptsächlich in der Nähe der Erregungsstelle, während die ferner gelegenen Teile durch das Gas selbst geschirmt werden. Die Schirmwirkung hängt sowohl vom Druck, wie von den Dimensionen des Rohres ab. Die Verf. untersuchten die Wirkung elektrisch leuchtender Gase auf die Fortpflanzung der Schwingungen eines Lecherschen Drahtsystems (*d. Zeitschr. IV.* 146) und fanden, dass jene Gase die Schwingungen absorbieren, wenn sie durch einen Strom zum Leuchten gebracht sind; der dunkle Kathodenraum dagegen absorbiert elektrische Schwingungen nur schwach und verhält sich darin wie ein Nichtleiter. Ging kein Strom durch das Gas oder war bei sehr niederm Drucke das ganze Rohr von Kathodenstrahlen erfüllt, so ließ die Vakuumröhre die Schwingungen hindurch. Auf die an einem Lecherschen Endcondensator erzeugten Kathodenerscheinungen übt die Kathode eines stromdurchflossenen Rohres eine deflektorische Wirkung aus. Flammen, mit oder ohne Metaldämpfe, schirmen nicht gegen elektrische Schwingungen. Die Schirmwirkung elektrisch leuchtender Gase erstreckt sich auch auf elektrostatische Kräfte. Ein geriebener Glas- oder Harzstab, durch ein Vakuumrohr vom Elektroskop getrennt, erzeugte einen nur halb so grossen Ausschlag, wenn ein Strom das Rohr durchsetzte als wenn dies nicht der Fall war. Es entstehen hierbei, wahrscheinlich infolge eines Transversalstroms, elektrische Ladungen der Rohrwand, welche die Wirkung des elektrisierten Körpers aufheben.

Schk.

**Einwirkung von Dämpfen fester und flüssiger Körper auf photographische Platten.** Von H. MURAOKA und M. KASUYA. Eine nochmalige Untersuchung des Johanniskäferlichts (*d. Ztschr. X* 100; 1897) hatte ergeben, dass die Wirkung dieser Strahlen auf eine photographische Platte viel stärker ist, wenn man die Käfer mit etwas Wasser bespritzt. Eine bloße Befeuchtung des die Platte umgebenden Kartonpapiers ergab nun auch ohne Käfer eine Schwärzung. Die aus einer mit Wasser gefüllten Tasse sich entwickelnden Dämpfe zeigten allein keine Einwirkung; diese trat aber wieder auf, als fein zerteiltes Kartonpapier in die Tasse gebracht wurde. Die Verfasser untersuchten nun verschiedene, besonders leicht flüchtige Stoffe (z. B. Harz, Kaffee, Thee, Kampher, Nelke, Reis u. s. w.) und fanden eine Einwirkung von verschiedener Stärke. Unter Flüssigkeiten wirkten besonders Terpentinöl, Quecksilber, Alkohol. Die Harze, auch harzige Holzplatten, waren sehr wirksam. Von Metallen wirkten ein Zink, Cadmium, Magnesium, die beiden letzten Metalle aber meistens nur an ihrem Rande. Eine zwischengelegte Glimmer- oder Glasplatte verhinderte die Einwirkung. Ob diese durch Dämpfe oder besondere Strahlen veranlaßt wird, ließ sich nicht sicher entscheiden.

Schk.

**Versuch einer graphischen Darstellung für das periodische System der Elemente.** Bekanntlich konnte bisher eine Gesetzmäßigkeit der Atomgewichtszahlen, falls man dieselben dem periodischen System der Elemente entsprechend steigend anordnet, nicht aufgefunden werden, und zwar weder durch das Bestimmen der Differenzen noch der Quotienten der Atomgewichtszahlen homologer Elemente. Deshalb hat Herr E. LOEW (*Zeitschr. für physikalische Chemie XXIII, 1;* 1897) einen Versuch gemacht, „in erster Annäherung diejenige Funktion aufzusuchen, in der die tatsächlich gefundenen Atomgewichtszahlen ohne Benutzung empirischer

Konstanten als variable und einem bestimmten Gesetz der Periodicität unterworfenen Größen in Abhängigkeit von gewissen — wenn auch zunächst nur fiktiven — unabhängig Variablen sich ausdrücken lassen“. Zunächst wird zum Zweck graphischer Darstellung mittels Polarkoordinaten das Atomgewicht  $A$  als Funktion eines Radiusvektors  $r$  und eines Polarwinkels  $\varphi$  betrachtet, was durch die Gleichung  $A = f(r, \varphi)$  zum Ausdruck kommt. Die einfachste Form dieser wäre  $A = r\varphi$ , woraus Verf., indem er  $r$  und  $\varphi$  einander gleich setzt, zu  $r = \varphi = \sqrt{A}$  gelangt. Letzterer Gleichung würde aber als Kurve die archimedische Spirale entsprechen. Es ist nun die Eigenschaft dieser Kurve, „dass, wenn  $r_1$  ein beliebiger Leitstrahl ist, die Vektoren

$$r_3 = r_1 + 2\pi, \quad r_5 = r_1 + 4\pi, \quad r_7 = r_1 + 6\pi \dots \\ \text{und } r_2 = r_1 + \pi, \quad r_4 = r_1 + 3\pi, \quad r_6 = r_1 + 5\pi \dots$$

auf derselben den Leitstrahl  $r_1$  verlängernden Geraden liegen“. — „Liesse sich also nachweisen, dass jeder einem bestimmten Atomgewicht, wie z. B. des  $Na$ , entsprechende Leitstrahl von den Radionvektoren der übrigen, einer gleichen natürlichen Gruppe angehörigen Elementen — wie  $Cu$ ,  $Ag$ ,  $Au$  etc. — um ein Vielfaches von  $\pi$  verschieden wäre, so würde damit eine Beziehung zwischen der Kurve  $r = \varphi$  und den Atomgewichtszahlen aufgefunden sein, die eine graphische Darstellung des periodischen Systems ermöglicht.“ Zum Zwecke der Prüfung hat nun der Verf. eine Tabelle für sämtliche Elemente berechnet, welche in drei Längsreihen die Atomgewichte, die Leitstrahlen und die Winkel in Gradeinheiten enthält. Aus derselben ergibt sich beispielsweise, dass für  $Na$   $r$  (resp. der Polarwinkel in Einheiten des Radius)  $= \sqrt{A} = 4,802082$  und für  $Cu$   $r = \sqrt{A} = 7,956129$  ist, dass also die Differenz beider Werte von  $\pi$  nur um  $+0,012454$  abweicht. Auch für  $Mg$  und  $Zn$ ,  $Al$  und  $Ga$ ,  $Si$  und  $Ge$ ,  $P$  und  $As$ ,  $S$  und  $Se$  stellt sich gleicher Weise eine befriedigende Genauigkeit heraus. Den Zahlen dieser Tabelle entsprechend ist ferner eine Kurve konstruiert worden. „Die aufeinander folgenden, den einzelnen Elementen  $H$ ,  $He$ ,  $Li$ ,  $Be$  u. s. w. entsprechenden Leitstrahlen sind unter den in der Tabelle aufgeführten Winkel gegen die angenommene Anfangslage nach links hin eingetragen und ihr Endpunkt durch das Symbol des zugehörigen Elements bezeichnet. — Die punktierte, die Endpunkte der Leitstrahlen  $H$ ,  $He$ ,  $Li$  u. s. w. verbindende Kurve ergibt die durch die Gleichung  $r = \varphi = \sqrt{A}$  dargestellte archimedische Spirale.“ Entsprechend der Tabelle zeigt auch diese Figur eine „deutliche Annäherung an das oben vermutete Gesetz der Periodicität, indem z. B. die Leitstrahlen von  $Na$ ,  $Mg$ ,  $Al$ ,  $Si$ ,  $P$ ,  $S$  ziemlich genau — bezüglich — in die Richtung der Leitstrahlen von  $Cu$ ,  $Zn$ ,  $Ga$ ,  $Ge$ ,  $As$ ,  $Se$  fallen.“ Auf die weiteren Berechnungen kann hier nicht eingegangen werden. Es sei nur noch erwähnt, dass die Ergebnisse trotz mehrfacher Abweichungen immerhin genügend mit dem periodischen System übereinstimmen, um die geistreichen Spekulationen des Herrn Verfassers als des Interesses aller Chemiker und Physiker würdig erscheinen zu lassen.

J. Sch.

### 3. Geschichte.

**Philipp Reis.** Am 23. Januar dieses Jahres fand in dem Hörsaal des Physikalischen Vereins zu Frankfurt a. M. eine Versammlung von Vertretern der dortigen wissenschaftlichen Vereine und Institute, der Postverwaltung und Schülern von Reis statt, in der beschlossen wurde, dem Erfinder des Telephons, dem im Leben namentlich von wissenschaftlicher Seite die gebührende Anerkennung versagt blieb, ein Denkmal zu Frankfurt zu errichten. Der Vorsitzende des Physikalischen Vereins, Professor Dr. PETERSEN, entwarf in seiner einleitenden Ansprache nach der *E. T. Z.* (XIX 99: 1898) folgendes Lebensbild von Reis:

„Philipp Reis wurde am 17. Januar 1834 zu Gelnhausen geboren, wo sein Vater das Bäckerhandwerk und daneben auch Landwirtschaft betrieb. Leider verlor er seinen Vater schon, als er noch nicht zehn Jahre alt war. Schon frühzeitig wurde seine Umgebung auf die reiche Begabung des Knaben aufmerksam. Nachdem er bis 1845 die Bürgerschule seiner Vaterstadt besucht hatte, kam er nach dem rühmlich bekannten Friedrichsdorfer Knaben-Institut und blieb dort bis 1848. Dann kam er noch auf zwei Jahre in das Hasselsche Institut in Frankfurt a. M. Dort erhielt er die erste Anregung zur Beschäftigung mit Mathematik

und Naturwissenschaften. Auf Veranlassung seines Vormundes trat er 1850 in das J. F. Beyerbachsche Farbwarengeschäft als Lehrling ein. In seiner freien Zeit besuchte er die Handelschule und hier machte er die Bekanntschaft von Professor Böttger, der lange Jahre hindurch als Docent am Physikalischen Verein gewirkt hat. Die Anregung, die Reis von ihm erhielt, wurde Veranlassung, daß er nach Beendigung seiner kaufmännischen Lehrzeit beschloß, kein Kaufmann zu bleiben, sondern sich dem Berufe eines Lehrers zuzuwenden. Er ging einige Zeit in das Institut des Dr. Poppe und machte nun auch nähere Bekanntschaft mit dem physikalischen Verein. Nachdem er 1855 sein Dienstjahr absolviert hatte, setzte er zunächst seine Studien in Frankfurt und hauptsächlich am Physikalischen Verein fort, wo er mit Professor Böttger in steter Berührung blieb. Sein Plan, später nach Heidelberg zu gehen und dort sein Studium zu vollenden, kam jedoch nicht zur Ausführung. Bei einem gelegentlichen Besuche in Friedrichsdorf veranlaßte ihn Hofrat Garnier, sofort als Lehrer in das dortige Institut einzutreten. Er blieb dort von 1858 bis 1874. Ein Jahr nach seiner Anstellung verheiratete er sich. Seine Erfindung des Telephons fällt in das Jahr 1860, und die ersten Vorträge darüber hielt er am 26. Oktober und 16. November 1861 im Physikalischen Verein, in dessen Jahresbericht sich Mitteilungen darüber finden. Die Telephonapparate wurden später von dem Mechaniker Albert fabriziert und in den Handel gebracht. Solche Apparate kamen auch nach Amerika und führten dort zu einer Nacherfindung<sup>1)</sup>. Reis ist am 14. Januar 1874 gestorben.“

Darauf erörterte Herr EUGEN HARTMANN die Frage, ob Reis wirklich der Erfinder des Telephons sei; er gab einen wertvollen geschichtlichen Überblick über die Untersuchungen und Entdeckungen, die allmählich zur Schaffung des elektrischen Telephons führten, und stellte fest, daß Philipp Reis 1861 in seinen Vorträgen im Physikalischen Verein zum ersten Male Töne und Sprache elektrisch übertragen habe. Man weiß aber, daß Reis bereits ein Jahr früher im Garnierschen Institut zu Friedrichsdorf die Versuche ausgeführt hat. Begonnen hat er seine Versuche aber nicht erst 1860, sondern, wie er in seinem Vortrage sagte, bereits 1852. Reis ging bei seinen Versuchen von der Mechanik des menschlichen Ohres aus. Sein erster Geber war dem Bau des menschlichen Ohres nachgebildet, in dem Modell findet man Trommelfell und Gehörknöchelchen genau wieder. Die Verschiebungen der den Gehörknöchelchen entsprechenden Teile bedingten Veränderungen und vielleicht auch Unterbrechungen des Stromes, die in dem Empfänger in den durch Resonanz verstärkten Schwingungen einer Platte in ähnlicher Weise sich bemerkbar machten, wie die Töne und Geräusche, die die Schwingungen hervorgebracht hatten. Reis arbeitete mit Hilfe des alten Mechanikers Fritz an der weiteren Vervollkommenung seines Apparates und kam schließlich in der siebenten und achten Form, die er ihm gab, zu dem sogenannten Hochstiftmodell, das er in den Vorträgen im Physikalischen Verein und am 8. Mai 1862 im Hochstift benutzte. Die Ergebnisse entsprachen den Erwartungen; Musik sowohl, wie die Laute der menschlichen Sprache wurden auf größere Entfernungen vernehmlich übertragen. Die Meinungen seiner damaligen Zuhörer sind geteilt. Viele wollen deutlich gehört haben, was gesungen und gesprochen wurde. Andere geben an, sie hätten nur undeutliche Laute gehört. Die Versuche von Reis hatten erwiesen, daß bei der galvanischen Musik der entstehende Ton nicht der Longitudinalton des magnetisierten Stabes ist, sondern von der Eigenart der erzeugenden Schwingungen abhängt. Man sollte glauben, daß die Physiker der damaligen Zeit der neuen Erfindung mit der lebhaftesten Teilnahme entgegengekommen seien. Das war jedoch keineswegs der Fall. Als Reis nach seinen Vorträgen im Physikalischen Verein und im Hochstift die Aufnahme eines Berichts über seine Erfindung in *Poggendorff's Annalen* wünschte, wurde ihm das Manuskript zurückgeschickt, weil die Möglichkeit einer elektrischen Lautübertragung unglaublich erscheine. Das hat Reis so schwer gekränkt, daß er mit der ganzen Sache nichts mehr zu thun haben wollte.

Der Geheime Sanitätsrat Prof. Dr. Schmidt-Metzler, der einem der Vorträge des Jahres

<sup>1)</sup> Vgl. diese Zeitschr. VIII 321.

1861 beigewohnt hatte, teilte mit, dass die zwischen dem Gebäude des Physikalischen Vereins und dem benachbarten Senckenbergschen Gebäude hergestellte Verbindung die von dem damaligen Spitalmeister Reichardt gemachte Musik auf Violine und Flöte mit aller Genauigkeit übertragen habe, mit dem gesprochenen Wort „Frankfurt“ hingegen sei das nicht in dem gleichen Mafse der Fall gewesen.

H. H.-M.

### 5. Technik und mechanische Praxis.

**Funkentelegraphie.** In der Sitzung des Elektrotechnischen Vereins zu Berlin hielt am 22. Februar d. J. Herr K. STRECKER einen Vortrag über Marconische Funkentelegraphie mittels des Hughesschen Typendruckers (*E. T. Z. XIX 185*). Es gelang ihm, nur mit der Geschwindigkeit eines mittelmässigen Morsebetriebs Zeichen zu übermitteln. Dieser Versuch ist also für die Technik ohne Bedeutung, er zeigt aber, da der Hughesapparat eine grofse Genauigkeit der Funkengebung und der Aufnahme der Funkenwirkungen erfordert, mit welcher Genauigkeit man bereits mit den Funken arbeiten kann und mit welchen Apparaten man diese Wirkungen erzielen kann. Der gebende Apparat war in 13 m Entfernung von dem empfangenden aufgestellt. (Fig. 1.) Der Geber schickte seine Stromstöße nicht in die Leitung hinein, sondern in einen Ortsstromkreis, der ein Relais enthielt, dessen Anker den primären Stromkreis des Funkeninduktors schlofs. Letzterer gab ganz kleine Funken;

an den Kugeln der Funkenstrecke waren zwei seitliche Drähte angesetzt, um die Dämpfung der Schwingungen etwas zu verringern. Der eine Pol der Funkenstrecke lag an Erde. Auf der Empfängerseite war die Erdleitung an eins der beiden Aluminiumbleche angelegt, zwischen denen der Fritter befestigt war. Der Fritter, ein Glasröhrchen von 7 mm lichter Weite, 10 cm Länge, locker mit groben Rotgusdrchspänen gefüllt und mit zwei Korkstopfen verschlossen, durch die je ein 1,5 mm starker Bronzedraht in die Späne ragte, war in einen Ortskreis geschaltet, der ein Relais und eine Stromquelle enthielt, so dass jedesmal, wenn eine Welle ankam und das Röhrchen leitend machte, die Batterie des Ortskreises das Relais erregte. Das Relais schloß seine Stromkreise und diese bewirkten erstens, dass in den Hughes-Empfänger ein Stromstoß geschickt wurde, und zweitens, dass von dem Klöppel eines Weekers gegen das eine Aluminiumblech (auf eine Kork scheibe) ein leichter Schlag ausgeführt wurde. Dann ging das Relais zurück und war bereit, ein neues Zeichen zu geben.

Herr K. STRECKER zeigte in demselben Vortrage auch eine Morseschaltung für Funkentelegraphie, durch die die Schrift wesentlich verbessert wird. Durch eine einfache Anordnung, die einer Delany'schen Schaltung entnommen ist, gelang es, fast so schnell wie auf einer oberirdischen Leitung Zeichen zu geben und ganz kurze Punkte und Striche zu erhalten. Das Relais, das mit dem Fritter zusammen im Stromkreise lag, arbeitete nicht unmittelbar auf den empfangenden Morseapparat, es war vielmehr noch ein Ruhestromkreis dazwischen geschoben. (Fig. 2.) Solange der Anker des ersten Relais  $R_1$  nicht angezogen

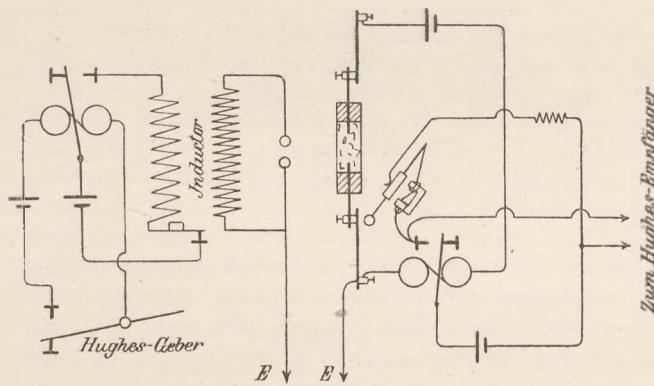


Fig. 1.

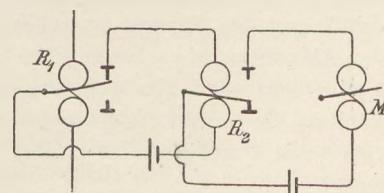


Fig. 2.

war, schloss er einen Ruhestromkreis, und dieser letztere enthielt seinerseits wieder ein Relais  $R_2$ , das dem Morseapparat  $M$  den Strom weitergab.

Herr H. RUPP (*E. T. Z. XIX* 237) hat bei der Wellentelegraphie den Klopfer entbehrlich gemacht, indem er den Fritter während der Dauer der Zeichengebung durch den laufenden Papierstreifen des Morseapparates in drehende Bewegung setzt. Die Röhre, deren Zuführungsdrähte als Drehachse dienen, ist drehbar gelagert. Die Stromzuführung erfolgt mittels kleiner Kupferfedern, die auf den Zuleitungsröhren schleifen. Über die Röhre ist eine Hartgummirolle geschoben, die zwischen ihren etwas vorstehenden Rändern den Papierstreifen aufnimmt. (Fig. 3.) Die Papierrolle des Farbschreibers wird dabei durch eine leicht anliegende Messingfeder schwach gebremst, um eine gleichmäßige Spannung des Papierstreifens und damit eine gleichmäßige Drehung der Röhre zu erzielen. Die Schaltung eines solchen Empfängers ist in Fig. 4 schematisch dargestellt. Im Stromkreis der Röhre  $F$  befindet sich außer der Stromquelle  $E$  der Vorschaltwiderstand  $W_1$  und das Relais  $R$ . Im Ortskreis kann mit Hilfe des Umschalters  $U$  entweder die Anrufglocke  $L$  oder der Morseapparat  $M$  mit dem jeweilig entsprechenden

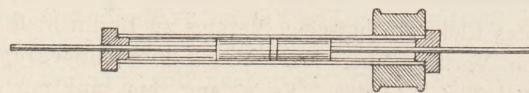


Fig. 3.

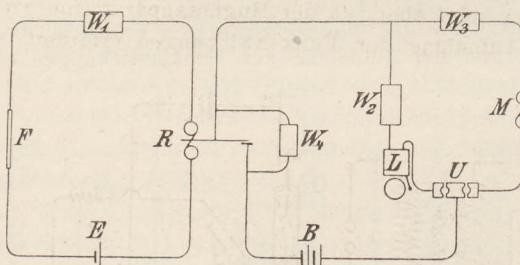


Fig. 4.

Vorschaltwiderstand  $W_2$  oder  $W_3$  an die Batterie  $B$  gelegt werden.  $W_4$  ist ein Widerstand, der verhindert, dass Funken am Relais auftreten. Der Anruf der Empfangsstation erfolgt bei ruhender Röhre. Die Anrufglocke läutet solange fort, bis auf den Morseapparat umgestöpselt und der Papierstreifen in Bewegung gesetzt wird.

BRANLY (*Compt. rend. CXV* 939, 1897. *Zeitschr. f. Instr.* XVIII 60, 1898) hat durch neuere Versuche einen Empfänger gefunden, der den Marconischen bedeutend übertreffen soll. Er besteht aus einer Ebonitkammer, in die zwischen zwei Metallelektroden das Metallfeilicht in einer Dicke von 1 bis 2 mm gefüllt ist. Die eine Elektrode ist fest; die andere kann durch eine Schraube mehr oder weniger gegen das Feilicht gedrückt werden. Aus Element, Galvanometer und Empfänger wird ein Stromkreis gebildet und das Feilicht mit der Schraube so lange zusammengedrückt, bis das Galvanometer einen schwachen Ausschlag zeigt; schlägt man alsdann leicht gegen Empfänger, so geht das Galvanometer auf Null zurück und der Apparat ist gebrauchsfertig. Das als Feilicht benutzte Metall, Aluminium oder Aluminiumbronze, war fein gesiebt worden. Weiter hat Branly gefunden, dass das Metallfeilicht seine Eigenschaften auch behält, wenn man es in ein isolierendes Material einschmilzt. Er stellte aus einer derartigen Mischung kleine Scheibchen von 1 mm Dicke und 2 bis 3 mm Durchmesser her und benutzte sie in genau derselben Weise wie früher das reine Feilicht.

Das englische Kriegsamt hat jetzt die erste Betriebsanlage für Telegraphie ohne fortlaufenden Draht, aber nicht nach dem System Marconi, sondern nach dem von Preece ausgeführt. (*E. T. Z. XIX* 238.) Die Anlage dient zum telegraphischen Verkehr zwischen dem Fort Laverwock und dem 6 km entfernten Fort auf der Insel Flat Holm. Am Fort Laverwock ist eine etwa 1200 m lange starke Kupferleitung auf Stangen verlegt und beiderseits mit Erdplatten, die in der See liegen, verbunden. Parallel zu derselben ist auf der Insel eine ähnliche 800 m lange Leitung angebracht. Die Frequenz der Stromstöße in der Sekunde ist etwa 250, so dass der im Empfängertelephon gehörte Ton ungefähr dem mittleren c entspricht; als Stromquelle dienen 10 Trockenelemente, deren Strom mit Hilfe eines kleinen Motors, der 3000 U. p. M. macht, unterbrochen wird.

H. H.-M.

## Neu erschienene Bücher und Schriften.

**Die Elektricität.** Von Dr. Gustav Albrecht. Mit 38 Abbildungen. Heilbronn a. N., Schröder & Co., 1897. 167 S. Geb. M. 2.

Das Büchlein ist für den grossen Kreis der Gebildeten bestimmt, die sich mit den Fortschritten der Elektricitätslehre und ihrem heutigen Standpunkt bis zu einem gewissen Grade bekannt machen müssen oder wollen. Der Stoff ist gut ausgewählt, aber eigenartig angeordnet: magnetische Erscheinungen, elektrische Ströme und ihre Wechselwirkungen mit Magneten, Gesetz des elektrischen Stromes, Beziehungen zwischen elektrischen Strömen und chemischen Erscheinungen, elektrostatische Kräfte und ihr Grundgesetz, Verhalten der Körper im elektrostatischen Felde, praktische Anwendungen der elektrischen Erscheinungen und ihre Beziehungen zu Licht und Wärme. Der Übergang von den magnetischen zu den elektrischen Erscheinungen wird durch die Untersuchung bewegter Metallmassen in magnetischen Feldern und der Dämpfung magnetischer Schwingungen gewonnen. Dieser Weg, bei dem die Lehre von der Elektricität mit der magnetoelektrischen Induktion begonnen wird, ist in der Schule, für die das Buch allerdings nicht geschrieben ist, in der vorliegenden Ausführung nicht gangbar. Über die magnetischen Induktionslinien äussert sich der Verfasser u. A. auf S. 21 mit den Worten: „In einem durchaus gleichförmigen Körper können wir ... die Lichtstrahlen nicht wahrnehmen ... Gleichwohl sind wir überzeugt, dass sie im Raume vorhanden sind, auch wenn wir sie nicht sehen können. In ähnlicher Weise dürfen wir mit grösster Wahrscheinlichkeit auch die Induktionslinien als etwas wirklich Bestehendes betrachten, nämlich als Linien, längs deren die magnetische Kraft in allen Körpern wirksam ist. Doch ist ihr Wesen von dem der Lichtstrahlen ganz unzweifelhaft verschieden, und ebenso müssen wir uns nach dem jetzigen Stande der Forschung streng davor hüten, ihnen eine Art körperlichen Daseins zu verleihen, indem wir ihnen Kräfte zuschreiben, welche sie selbst auf einander ausüben können. Sie stoßen sich also z. B. gerade so wenig ab wie die Lichtstrahlen, welche von einem leuchtenden Punkte ausgehen.“ Vergleicht man hiermit die Ausführungen Machs in dieser Zeitschrift (XI 3), so erkennt man sofort, dass der Verfasser die Schwierigkeiten, die hier vorliegen, nicht völlig überwunden hat. Das Büchlein ist im übrigen gewandt, klar und mit grosser Sachkenntnis geschrieben und kann den Schülern der oberen Klassen zur Privatlectüre warm empfohlen werden.

Hahn-Machenheimer.

**Vollständiger Abriss der anorganischen Chemie.** Von Dr. Vincenz Wachter. Hamburg und Leipzig, Leopold Voss, 1897. VIII und 164 S. M. 2,—.

Die vorliegende Schrift ist in erster Linie für Studierende, welche sich auf eine Prüfung in der anorganischen Chemie vorbereiten, bestimmt, um diesen eine möglichst gedrängte und einheitliche Übersicht über den gesamten Stoff zu geben. In zweiter Linie soll sie auch für Real- und Fachschulen brauchbar sein, deren Schülern sie zwar nicht das Lehrbuch, aber doch das Nachschreiben während des Vortrages des Lehrers ersparen soll. Der Stoff wird in allgemeine und spezielle Chemie eingeteilt. Für die letztere ist, wie billig, das periodische System zu grunde gelegt. Demgemäß werden die Elemente gruppenweise besprochen; nur *H* und *O* werden für sich allein schon vorher behandelt, ebenso wie später das Bor von der Gruppe der Erdmetalle, in die es nach dem Systeme gehört, wegen seines vielfach abweichenden Verhaltens getrennt wird. Helium und Argon folgen am Schlusse in einem kurzen Anhang. Für jedes Element werden Vorkommen, Darstellung, Eigenschaften, Verbindungen, Nachweis u. s. w. in tabellarischer Kürze, aber recht vollständig und unter Berücksichtigung der neueren Forschungen angegeben. Auch die seltenen Elemente sind eingehender als in anderen Büchern von gleicher Bestimmung behandelt. Daher dürfte sich der spezielle Teil zur Repetition und zum Nachschlagen als recht geeignet erweisen. Weniger hingegen ist der allgemeine Teil gelungen. Die kurzen Einzelabschnitte, aus denen er besteht, sind oft ziemlich willkürlich aneinander gereiht. Zwischen Erwiesenem und Hypothetischem wird ferner nicht unterschieden. So werden gleich zu Anfang die Begriffe Atom und Molekel definiert, wie wenn dies durch die Erfahrung gegebene Dinge wären. Erst später folgen die stöchiometrischen Gesetze, und zwar werden dieselben so ausgesprochen, als ob man die Atomgewichte früher als die Verbindungsgewichte und unabhängig von diesen bestimmt hätte. Der theoretisch so wichtige Begriff der Allotropie ist in den allgemeinen Teil nicht aufgenommen worden, wohl aber Erläuterungen über das Filtrieren, Auflösen, Destillieren u. s. w., und zwischen diesen findet sich sogar eine Beschreibung des Bunsenschen Brenners. Ein besonderes Kapitel ist den morphologischen Eigenschaften und daran anschliessend den Begriffen Härte, Volumgewicht, Elektrizität u. s. w. gewidmet. Hier finden sich aber Definitionen, die besser fortgeblieben wären, wie „Elektrizität ist die Anziehung leichter Körperchen“ und „Magnetismus ist die Anziehung einer Magnetnadel“. Wenn daher Verf. sagt, sein Werk erscheine als „ein vollstän-

diger, auf der Höhe der Zeit stehender Abriss der anorganischen Chemie“, so kann dies, wenigstens für den allgemeinen Teil, nicht zugegeben werden.

*J. Schiff.*

**Plattners Probierkunst mit dem Lötrohre.** 6. Aufl. bearbeitet von F. Kolbeck, Prof. a. d. Bergakademie zu Freiberg. Mit 72 Abbild. Leipzig, J. A. Barth 1897. XVI u. 488 S. M. 10, geb. M. 11.

Die vielseitige Verwendbarkeit des Lötrohrs, besonders für Mineralien und Hüttenprodukte, hat im Laufe der Zeit zu einer weitgehenden Ausbildung der Methoden der Lötrohruntersuchung geführt. So bedeutend in den letzten Decennien die übrigen analytischen Methoden zumal durch die Elektrochemie erweitert und vervollkommen worden sind: die altehrwürdige Lötrohruntersuchung hat die Zeiten überdauert und sich ihren Platz bewahrt. Das vorliegende Handbuch, dessen 4. und 5. Auflage von Bergrat Richter bearbeitet und zeitgemäß fortgeführt worden ist, kann als eine erschöpfende Zusammenfassung der besten Methoden bezeichnet werden und ist als solche in Fachkreisen seit langem anerkannt. Indessen verdienen die Lötrohrversuche gerade wegen ihrer Einfachheit ein nicht unbedeutendes didaktisches Interesse. Besonders erweisen sie sich für Schülerübungen vorzüglich geeignet und könnten auch in den praktischen Laboratoriumsarbeiten eine ausgedehntere Verwendung finden. In diesem Sinne möge die vorliegende Probierkunst zur Anschaffung mindestens seitens der Gymnasialbibliothek warm empfohlen werden.

*O. Ohmann.*

**Leitfaden der Chemie** bes. zum Gebrauch an landwirtschaftlichen Lehranstalten, von Dr. H. Baumhauer, Prof. a. d. Univ. zu Freiburg i. d. Schweiz. Erster Teil, anorganische Chemie. 3. Aufl. Mit 32 Abbild. Freiburg, Hader, 1897. 150 S. M. 1,50, geb. M. 1,85.

Der Unterrichtsstoff wird, im ganzen systematisch, nach den natürlichen Gruppen der Elemente abgehandelt, wobei besondere Rücksicht auf die Bedeutung der einzelnen chemischen Verbindungen für die Pflanzen und Tiere genommen ist. So ist z. B. gelegentlich des Ammoniaks auch die Aufnahme freien Stickstoffs durch die Leguminosen eingehend erörtert. Hierdurch eignet sich das Buch besonders für den Gebrauch an landwirtschaftlichen Fachschulen; doch sind auch viele der physiologischen Bemerkungen sehr gut dem Unterricht anderer, allgemeinere Ziele verfolgenden Anstalten einzuflechten, so dass der Leitfaden allgemeinerer Beachtung empfohlen sei. Als chlornatriumreicher Stoff des Körpers konnte außer dem Speichel, Magensaft u. s. w. (S. 89) besonders auch der Schweiß genannt werden. Als Titelbild einen nicht absolut ungefährlichen Versuch (das Aufsteigen von Natriumstückchen in einen umgekehrten wassererfüllten Fuszcylinder) zu wählen, erscheint nicht gerade zweckmäßig. Da die sonstigen Vorteile bereits früher in dieser Ztschr. (VIII 285) gewürdigte worden sind, so mögen diese Hinweise genügen.

*O. Ohmann.*

**Das chemische Praktikum.** Ein kurzer Leitfaden für Schule und Selbstunterricht. Von Dr. E. Dennert. Godesberg, G. Schlosser 1897. 45 S.

Das Schriftchen soll ein Leitfaden sowohl für die praktischen Schülerübungen, die der Verfasser mit Recht schon für Untersekunda fordert, wie auch für das häusliche Arbeiten der Schüler sein. Es sind demgemäß in einem „1. Jahreskurs“ propädeutische Versuche einfacher Art — z. B. über die Eigenschaften der Metalle, Veränderungen beim Erhitzen, über Wasserstoff, Sulfide, Halogene, Hydroxyde, Salze — aufgeführt, und zwar in kürzester Imperativform ohne weitere Angaben. Im zweiten Abschnitt „Vorbereitung für die qual. Analyse“ werden besonders die Salze in ihren wichtigsten Reaktionen behandelt. Der dritte und vierte Abschnitt (S. 29—45) enthält Versuche über die qualitative Analyse sowie die Darstellung einiger Präparate und giebt in kurzgefassten Tabellen die entsprechenden Anweisungen. Bei der Zusammenstellung der Versuchsreihen ist der Verfasser den Arendtschen Lehrbüchern, die er für die besten hält, gefolgt. Wenig zweckmäßig ist es, ganz im Anfang (Vs. 5) schon die Verzinnung einer Münze unter Heranziehung von Weinstein vorzunehmen; auch die Versuche mit den Boraxperlen erscheinen etwas zu früh. Das Büchlein, das ähnliche Wege und Ziele verfolgt, wie der Leitfaden von Dannemann (vgl. die Zschr. VIII 177, 232, 325), sei der Beachtung empfohlen.

*O. Ohmann.*

### Programm-Abhandlungen.

**Chemischer Unterrichtsstoff in Untersekunda.** Von Oberlehrer Dr. R. Loosch. Kgl. G. zu Inowrazlaw. 1897. Pr.-No. 161.

Bei den eigentümlichen Schwierigkeiten, die mit dem Wesen des chemischen Lehrstoffes verknüpft sind, wird neuerdings mit Recht gefordert, dass besonders auf den chemischen Anfangsunterricht die weitgehendste Sorgfalt, sowohl hinsichtlich des logischen Aufbaues der Grundbegriffe wie der Auswahl des Stoffes und der Versuche, zu verwenden sei. Solchen strengeren Forderungen gegenüber lässt die vorliegende Stoffzusammenstellung im Stich. Es ist auch über Gesichtspunkte

der Abfassung nichts gesagt — übrigens ebensowenig über die benutzten Quellen —, so dass nicht zu erkennen ist, ob die Arbeit ein für Fachkollegen bestimmter Versuch oder für die Hand der Schüler sein soll, für die sie allerdings wenig geeignet wäre. So wird gleich im ersten Abschnitt „Allgemeines“ (ca. 2 Oktavseiten) der Atom- und Molekülbegriff aufgestellt (übrigens ist immer zu lesen „das Moleköl“, abgeleitet von einem Wort „moleculum“ — S. 4), jedoch der hypothetische Charakter gar nicht berührt, vielmehr Sätze wie „Die Atome aller Körper sind von gleicher Form und Grösse“, „Jedes Element besteht aus Molekülen mit 2 gleichartigen Atomen“, ohne Begründung oder Einschränkung aufgeführt. In dem nächsten Abschnitt „Nichtmetalle“ wird, wenig zweckmäßig, mit dem Element Kohlenstoff begonnen und sogleich die Kohlenstoffoxyde, Leuchtgas und die ganze Verbrennung angeschlossen. Es folgt dann, ohne dass ein Zusammenhang ersichtlich ist, eine Begriffsauflistung für Säuren, Basen — obgleich ein Metall noch nicht durchgenommen ist —, Hydrate u. s. w. Auf die mancherlei Ungenauigkeiten (so heißt es S. 13 „Die Basen heissen auch Alkalien“, S. 23 wird der vom Krystallwasser befreite Gips mit dem „totgebrannten Gips“ identifiziert) kann nicht weiter eingegangen werden. Besser gelungen sind die Beschreibungen der Metalle und die eingestreuten technischen Hinweise und Bemerkungen.

O. Ohmann.

## Mitteilungen aus Werkstätten.

### Barometrische Pneumatic-Pumpe Albán.

Von Ferdinand Ernecke in Berlin.

Dieses Instrument, erfunden von dem kolumbianischen Generalkonsul Carlos Albán zu Hamburg, ist ein Gefäßbarometer, angebracht auf einem Gestell *T* von 1 m 50 cm Länge und 10 cm Breite. Man kann dasselbe mittelst einer Schraubzwinge derart an den Rand eines Tisches (Fig. 1) befestigen, dass es sich beliebig in vertikale oder horizontale Lage bringen lässt. Das Gefäß, oder der untere Teil des Barometers, ist ein Behälter *E* mit zwei Seitenöffnungen und einer unteren Öffnung, um nötigenfalls das Quecksilber ablassen zu können. Durch eine der Seitenöffnungen dringt die Luft frei ein, und durch die andere führt eine 0,8 m lange Röhre bis auf den Grund des Behälters.

Der obere Teil der Barometerröhre erweitert sich in der Form einer Blase *A* (Fig. 2), die mit einem Hahn *S* versehen ist, um die aufgesammelte Luft austreten zu lassen. Ein zweiter Hahn *R* dient dazu, das Zurückströmen der Luft in den Rezipienten zu verhindern. Dieser Rezipient ist mit dem Apparate durch eine Kautschukröhre verbunden.

Man füllt chemisch reines Quecksilber in den Behälter *E* und bringt den Apparat in die horizontale Lage. Nachdem man den Hahn *S* geöffnet hat, dringt das Quecksilber in den Raum *A* ein und füllt ihn an. Dann schliesst man den Hahn *S*, dreht den Apparat in die vertikale Lage, und öffnet den Hahn *R*. Es ist dadurch schon eine bedeutende Luftverdünnung eingetreten. Wenn man diese Operation drei- oder viermal wiederholt, so erzielt man eine Verminderung des Luftdruckes auf 1 mm in dem Rezipienten, sofern dessen Inhalt nicht grösser ist als der des Raumes *A*.

Der Apparat ist ferner ein Barometer, dessen Säule man durch ein verschiebbares Lineal oder eine Skala messen kann.

Außerdem befindet sich an dem Apparat ein Manometer, um den Grad der Luftverdünnung zu messen; ein Röhrchen mit zwei Platin-Elektroden, um elektrische Entladungen vorzunehmen, und ein Gefäß *O*, um die Luft vermittelst Phosphorsäure zu trocknen.

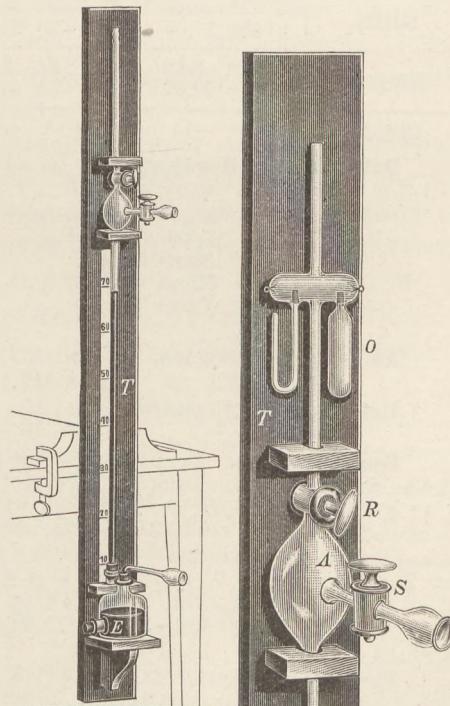


Fig. 1.

Fig. 2.

## Himmelserscheinungen im Juni und Juli 1898.

© Mond, ♀ Merkur, ♀ Venus, ♂ Erde, ⊖ Sonne, ♂ Mars,  
♃ Jupiter, ♪ Saturn. — ☽ Conjunktion, ☐ Quadratur, ☈ Opposition.

Monatstag	Juni						Juli						
	4	9	14	19	24	29	4	9	14	19	24	29	
Heliocentrische Längen.	322°	342	5	32	62	93	123	150	172	192	209	224	♀
	142	150	158	166	174	182	190	198	206	214	222	230	♀
	254	259	263	268	273	278	282	287	292	297	302	306	♂
	356	359	2	5	9	12	15	18	21	24	27	30	♂
	191	191	191	192	192	193	193	193	194	194	194	195	♀
Aufst. Knoten. Mittl. Länge.	249	249	249	250	250	250	250	250	250	251	251	251	♀
	290	289	289	289	289	288	288	288	288	287	287	287	○
Geocentrische Rektascensionen.	250	327	27	91	152	212	292	0	62	126	183	253	○
	49	56	64	74	85	97	109	120	130	139	147	153	♀
	102	109	115	122	128	134	140	146	151	157	162	168	♀
	72	78	83	88	93	98	104	109	114	119	124	129	○
	26	30	33	37	40	44	47	51	55	58	62	65	♂
Deklinationen.	181	181	181	182	182	182	183	183	184	184	185	186	♀
	247	247	246	246	245	245	245	245	245	244	244	244	♀
Geozentrische Deklinationen.	-25	-10	+17	+25	+8	-18	-22	+6	+25	+18	-7	-25	○
	+15	+17	+20	+22	+24	+24	+24	+22	+20	+17	+14	+11	♀
	+25	+24	+23	+22	+21	+19	+17	+15	+13	+11	+9	+6	♀
	+22	+23	+23	+23	+23	+23	+23	+22	+22	+21	+20	+19	○
	+10	+11	+12	+14	+15	+16	+17	+18	+19	+20	+20	+21	♂
Aufgang.	+1	+1	+1	+1	+1	+0	+0	-0	-0	-1	-1	-1	♀
	-20	-20	-20	-20	-20	-20	-20	-20	-20	-20	-20	-20	♀
Untergang.	15 <sup>h</sup> 42 <sup>m</sup>	15.40	15.39	15.39	15.40	15.43	15.46	15.51	15.57	16.4	16.11	16.18	○
	8 <sup>h</sup> 48 <sup>m</sup>	11.39	12.58	16.28	22.20	3.35	8.58	10.30	12.34	17.46	23.55	5.12	○
Zeitlgch.	-1m 56s	-1.1	-0.1	+1.5	+2.10	+3.12	+4.9	+4.57	+5.36	+6.3	+6.16	+6.14	○

## Daten für die Mondbewegung (in mittteleuropäischer Zeit):

Juni	4	3 <sup>b</sup> 11 <sup>m</sup>	Vollmond	Juli	3	3 <sup>b</sup>	Mond in Erdnähe
	4	17	Mond in Erdnähe		3	10	12 <sup>m</sup> Vollmond mit Mondfinsternis
	10	19	4 Letztes Viertel		10	5	43 Letztes Viertel
	18	17	19 Neumond		16	6	Mond in Erdferne
	19	3	Mond in Erdferne		18	8	47 Neumond mit Sonnenfinsternis
	26	17	54 Erstes Viertel		26	2	40 Erstes Viertel
					31	12	Mond in Erdnähe

Aufgang der Planeten. Juni 15 ♀ 14<sup>h</sup> 50<sup>m</sup> ♀ 17.52 ♂ 13.30 ♀ 0.22 ♪ 6.36 Ortszeit  
Juli 16 17.26 19.27 12.15 22.37 4.26 in der Breite

Untergang der Planeten. Juni 15 6.50 10.30 3.52 12.35 15.2 von 52<sup>1/2</sup>°.  
Juli 16 9.10 9.49 3.59 10.39 12.53

Constellationen. Juni 3 20<sup>h</sup> ♪ ♂ ☽; 14 13<sup>h</sup> ♂ ♀ ☽; 17 11<sup>h</sup> ♀ ♂ ☽; 20 23<sup>h</sup> ☽ im Krebszeichen, Sommer-Sonnenwende; 21 17<sup>h</sup> ♀ ♂ ☽; 22 9<sup>h</sup> ♀ ☐ ☽; 26 6<sup>h</sup> ♀ im Perihel; 26 16<sup>h</sup> ♀ ♂ ☽; 27 1<sup>h</sup> ♀ im Aphel; 29 21<sup>h</sup> ♀ obere ♂ ☽ wird Abendstern. — Juli 1 4<sup>h</sup> ♪ ♂ ☽; 2 3<sup>h</sup> ♂ im Aphel; 3 partiale ☽-Finsternis von 0,934 des Durchmessers: Anfang 8<sup>h</sup> 25<sup>m</sup>, 6, Mitte 9<sup>h</sup> 57<sup>m</sup>, 1, Ende 11<sup>h</sup> 28<sup>m</sup>, 6, Anfang bei uns noch nicht sichtbar; 13 10<sup>h</sup> ♂ ♂ ☽; 18 9<sup>h</sup> ringförmige ☽-Finsternis, in Europa unsichtbar; 20 8<sup>h</sup> ♀ ♂ ☽; 22 0<sup>h</sup> ♀ ♂ ☽; 24 4<sup>h</sup> ♀ ♂ ☽; 26 23<sup>h</sup> ♀ ♂ Regulus, Abstand < 1'; 28 11<sup>h</sup> ♪ ♂ ☽.

Jupitermonde. Juni: 4<sup>h</sup> 8<sup>m</sup> I. A.; 11 11<sup>h</sup> 3<sup>m</sup> I. A.; 14 9<sup>h</sup> 4<sup>m</sup> III. A.; 15 9<sup>h</sup> 39<sup>m</sup> II. A.; 21 10<sup>h</sup> 41<sup>m</sup> III. E.; 22 9<sup>h</sup> 51<sup>m</sup> II. E.; 27 9<sup>h</sup> 21<sup>m</sup> I. A. — Juli 4 11<sup>h</sup> 16<sup>m</sup> I. A.; 17 9<sup>h</sup> 20<sup>m</sup> II. A.; 20 9<sup>h</sup> 34<sup>m</sup> I. A.

## Partielle Mondfinsternis 1898 Juli 3.

Eintritt der Mondscheibe in den Kernschatten 8<sup>h</sup> 25<sup>m</sup>, 6 M.E.Z.

Mitte der Finsternis, 0,934 des ☽-Durchmessers bedeckt, 9<sup>h</sup> 57<sup>m</sup>, 1 M.E.Z.

Austritt der Mondscheibe aus dem Kernschatten 11<sup>h</sup> 28<sup>m</sup>, 6 M.E.Z.

Die ringförmige Sonnenfinsternis vom 18. Juli wird in Europa unsichtbar sein.

Veränderliche Sterne. Algols-Minima sind wegen der Nähe der Sonne nicht zu beobachten. Von den anderen Veränderlichen stehen β und R Lyrae, η Aquilae besonders günstig, von teleskopischen Veränderlichen z. B. Y Cygni.

Die Sternschnuppen der Juli-Periode (26.—27.) sind des Mondlichtes wegen abends nicht gut zu beobachten.

J. Plaßmann, Warendorf.

Nachdruck nur mit Quellenangabe und mit Genehmigung der Verlagshandlung gestattet.