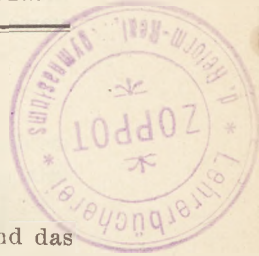


Optische Darstellung schwingender Vorgänge.

Von

Dr. E. Magin in Hamburg.



Apparat: Zwei gleichlange und gleichstarke Federn aus Uhrfederstahl sind das schwingende Material. An das eine Ende der beiden Federn werden in der Ebene der Schwingungen dünne, möglichst leichte Bleche angelötet, die in der Verlängerung der Federn mit einem schmalen Spalt versehen sind. (Fig. 1).

Mit den freien Enden werden die Federn so eingeklemmt, daß die Bleche dicht nebeneinander zu liegen kommen und also in zwei einander parallelen Ebenen schwingen. Es wird dafür gesorgt, daß in der Ruhelage die Spalte gleich hoch stehen. Eine von den Federn ist zur Veränderung der Schwingungszahl mit einem Laufgewicht versehen.

Um das Experiment einer Klasse zu zeigen, werden die Spalte mit der Projektionslampe projiziert.

Sind beide Spalte in Ruhe und richtig eingestellt, so ist auf dem Projektionschirm ein heller Streifen in mittlerer Lage zu sehen. Das Bild bleibt, wenn man einen der Spalte ruhen, den andern schwingen läßt.

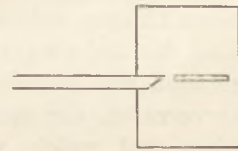


Fig. 1.

Interessante Erscheinungen treten dann auf, wenn beide Spalte zu gleicher Zeit schwingen.

Figur und Rechnung sollen zeigen, was man in dem Fall zu erwarten hat.

1. Beide Federn haben gleiche Schwingungsdauer; die Amplituden sind gleich; die Phasendifferenz ist 0. Man bekommt das Bild eines mit derselben Schwingungszahl auf und ab sich bewegenden Spaltes.

2. Beide Federn haben gleiche Schwingungszahlen, gleiche Amplituden, aber beliebige Phasendifferenz.

Man bekommt dann auf dem Projektionschirm zwei helle Streifen, welche (bei gleich bleibender Amplitude) gleich weit von der Ruhelage nach oben und unten entfernt fest stehen. Bei länger währnder Schwingung nähern sich die Streifen einander, bis sie schließlich zu einem wieder zusammenfließen.

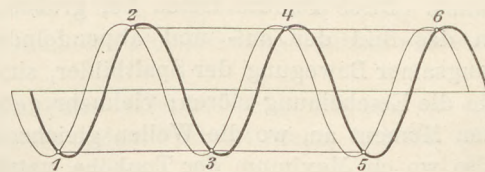


Fig. 2.

Die stark ausgezeichnete Kurve (Fig. 2) stellt die Bewegung der ersten, die schwach ausgezogene die der zweiten Feder dar. Jedesmal dann, wenn die Schwingungen

beider Federn gleiche Elongation haben, stehen die Spalte zusammen, lassen also das Licht durch. Die Augenblicke, in denen dies geschieht, kann man aus der Figur entnehmen. Es sind die Stellen, an denen die beiden Kurven sich schneiden. Diese Schnittpunkte liegen, wie man ohne weiteres erkennt, bei gleichbleibenden Amplituden alle gleich weit von der Achse entfernt.

Zeitlich folgen nun die Bilder auf dem Schirm in der Reihenfolge aufeinander wie die Numerierung der Figur angibt. Hat man nicht zu kleine Schwingungszahlen, so reihen sich die Eindrücke der gerade numerierten und der ungerade numerierten zu einem einheitlichen Eindruck auf das Auge aneinander, und man bekommt die oben geschilderten Erscheinungen auf dem Projektionsschirm.

Wesentlich interessanter ist der Fall, wo — gleiche Amplituden und zu Anfang die Phasendifferenz 0 vorausgesetzt — die Schwingungszahlen ein wenig voneinander verschieden sind. Fig. 3 zeigt den Fall für die Schwingungszahlen $z_1 = 9$ und $z_2 = 8$,

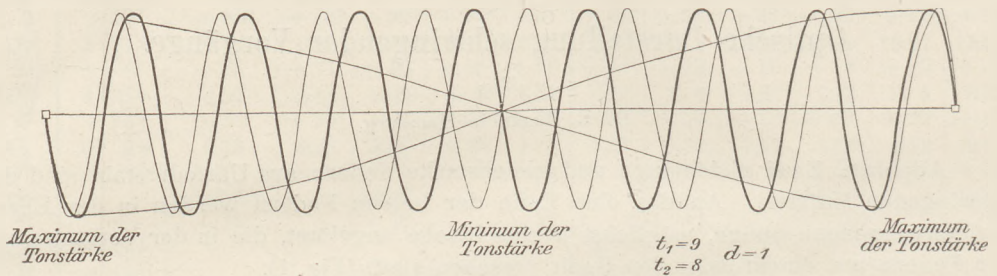


Fig. 3.

Differenz $d = 1$. Die Schnittpunkte der beiden Sinuslinien bezeichnen die Stellen, an denen Licht durch die Spalte auf den Schirm gelangt. Die beiden mit \square bezeichneten Punkte, welche ebenfalls Licht durchtreten lassen, seien vorläufig ausgeschlossen. Sind die Schwingungszahlen wieder als nicht zu klein gedacht, so werden die ungeraden und geraden Punkte für sich einen kontinuierlichen Eindruck auf das Auge hervorrufen, der sich so darstellt, daß auf dem Schirm im Anfang 2 Spaltbilder zu sehen sind, welche weit voneinander liegen (Fig. 4), daß diese Bilder dann langsam

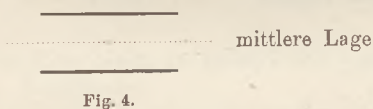


Fig. 4.

gegeneinander wandern, durcheinander hindurchgehen und dann wieder zu einem Maximum auseinandertreten. Dabei bedeutet, wie die Fig. 3 zeigt, das Maximum des Auseinandertretens ein Maximum der Tonhöhe (wenn man den Fall auf Tonschwingungen überträgt) der beiden interferierenden Töne, das Durcheinandergehen das Minimum der Tonstärke.

Das Gegeneinander- und Wiederauseinandertreten der Spaltbilder wird um so langsamer geschehen, je näher die Schwingungszahlen beieinander liegen. Es wird ganz aufhören, und die Spaltbilder werden zur Ruhe kommen, wenn die Schwingungszahlen ganz gleich sind (Fall 2).

Zu diesen Erscheinungen tritt noch das Bild der mit \square bezeichneten Punkte hinzu. Diese Punkte treten bei großen Differenzen der Schwingungszahlen störend in das Bild der auf- und abpendelnden Spalte ein, bei kleinen Differenzen, also langsamer Bewegung der Spaltbilder, sind sie jedoch deutlich zu bemerken, ohne daß sie die Erscheinung stören; vielmehr geben sie durch den Augenblick ihres Eintretens den Moment an, wo die Wellen gleichzeitig im selben Sinne durch die Achse gehen, also wo ein Maximum der Tonhöhe stattfindet. Übrigens unterscheiden sich diese gesonderten Bilder von den übrigen auch dadurch, daß sie breiter gezogen sind und nicht so scharfe Konturen zeigen. Dies hat seinen Grund darin, daß sie an den Stellen entstehen, wo die Spalte Bewegungen in derselben Richtung ausführen, also längere Zeit gebrauchen, um aneinander vorbeizukommen, während die übrigen Bilder bei entgegengesetzter Bewegung der Spalte zustande kommen.

Um die Zeichnung zu kontrollieren, kann man übrigens ohne große Mühe folgende Rechnung anstellen.

Die Amplituden beider Bewegungen seien gleich; die Phasendifferenz zu Anfang der Bewegung gleich 0, der Unterschied der Schwingungszahlen gleich 1.

$$z_1 - z_2 = d = 1.$$

Die Schwingungszahlen seien z_1 und z_2 , die Schwingungsdauern T_1 und T_2 ; die beiden Sinuskurven sind dann durch die Gleichungen

$$y_1 = \sin\left(2\pi \frac{t}{T_1}\right)$$

$$y_2 = \sin\left(2\pi \frac{t}{T_2}\right)$$

dargestellt, wenn die maximale Amplitude gleich 1 gesetzt wird.

Wie oben ausgeführt, sind die Punkte, an denen Spaltbilder auf dem Schirm auftreten, die Durchschnittspunkte der beiden Kurven; für diese Stellen ist $y_1 = y_2$, also

$$\sin\left(2\pi \frac{t}{T_1}\right) = \sin\left(2\pi \frac{t}{T_2}\right).$$

Diese Gleichung hat folgende Lösungen:

$$1) \quad 2\pi \frac{t}{T_1} = 2n\pi + 2\pi \frac{t}{T_2}$$

$$2) \quad 2\pi \frac{t}{T_1} = 2n\pi + \pi - 2\pi \frac{t}{T_2},$$

woraus folgt

$$1) \quad t = n \cdot \frac{T_1 \cdot T_2}{T_2 - T_1} = \frac{n}{\frac{1}{T_1} - \frac{1}{T_2}} = \frac{n}{z_1 - z_2} = \frac{n}{d}$$

$$2) \quad t = \frac{2n+1}{2} \cdot \frac{T_1 \cdot T_2}{T_1 + T_2} = \frac{2n+1}{2} \cdot \frac{1}{2z_2 + d}.$$

Wendet man diese Formeln auf den in Fig. 3 dargestellten Fall an, so erhält man für t folgende Werte:

$$z_1 = 9, \quad z_2 = 8$$

$$1) \quad t = \frac{n}{d} = \frac{n}{1}$$

n	0	1	$t = 0$	} Punkte □
t	0	1	$t = 1$	

$$2) \quad t = \frac{2n+1}{34}$$

n	0	1	2	...	8	...	16
t	$1/34$	$3/34$	$5/34$...	$17/34$...	$33/34$

Für $t = 17/34$ erhält man die Mitte. Für $t = 1/2$ ist $y_1 = y_2 = 0$. Die beiden Sinuslinien gehen gleichzeitig durch die Achse (Minimum der Tonstärke, Spaltbilder wandern durcheinander).

Zur Veranschaulichung mögen noch die Fälle durchgerechnet werden, wo die Differenz der Schwingungen $d=2$ und $d=3$ ist. Man wird erkennen, daß das Bild um so komplizierter wird, je mehr die Differenz wächst.

$$d = 2, \quad z_1 = 11, \quad z_2 = 9$$

$$1) \quad t = \frac{n}{d}$$

n	...	0	1	2
t	...	0	$1/2$	1
Ordinate	...	0	0	0

2)

$$t = \frac{2n+1}{2} \frac{1}{2z_2+d} = \frac{2n+1}{40}$$

$$t = \frac{p}{40}$$

<i>n</i>	0	1	2	3	4	5	6
<i>p</i>	1	3	5	7	9	11	13
Ordinate . .	+0,99	-0,89	+0,71	-0,60	+0,16	+0,16	-0,45
<i>n</i>	7	8	9	10	11	12	13
<i>p</i>	15	17	19	21	23	25	27
Ordinate . .	+0,71	-0,89	+0,99	-0,99	+0,89	-0,71	+0,45
<i>n</i>	14	15	16	17	18	19	
<i>p</i>	29	31	33	35	37	39	
Ordinate . .	-0,16	-0,16	+0,45	-0,71	+0,89	-0,99	

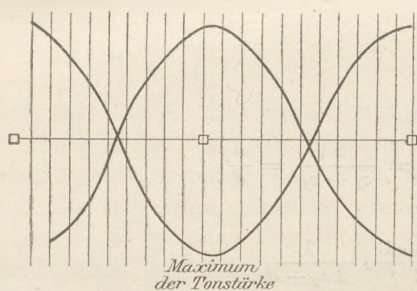


Fig. 5.

Zu dieser Tabelle gehört Fig. 5. Man erkennt aus der Figur, daß die aus der Gleichung 1) für *t* folgenden Punkte □ an den Stellen liegen, wo die Tonhöhe einen größten Wert hat. Diese Punkte liegen hier wieder auf der Achse.

Für *d* = 3 komplizieren sich die Erscheinungen insofern, als die isolierten Punkte □ möglicherweise nicht mehr alle auf der Achse liegen.

Es sei

$$t_1 = 23, \quad t_2 = 20, \quad d = 3.$$

1)

$$t = \frac{n}{d}$$

<i>n</i>	0	1	2	3
<i>t</i>	0	1/3	2/3	1
Ordinate . .	0	-0,8	+0,8	0

Die Ordinaten werden nur dann = 0, wenn $2\pi t/T_1$ ein Vielfaches von π wird, was nur für den Fall eintritt, daß T_1 durch 3 teilbar ist.

2)

$$t = \frac{2n+1}{2} \frac{1}{2z_2+d}$$

$$t = \frac{p}{86}$$

<i>n</i>	0	1	2	3	4	5	6	7
<i>p</i>	1	3	5	7	9	11	13	15
Ordinate . .	+0,99	-0,93	+0,87	-0,72	+0,54	-0,23	+0,20	+0,08
<i>n</i>	8	9	10	11	12	13	14	15
<i>p</i>	17	19	21	23	25	27	29	31
Ordinate . .	-0,26	+0,47	-0,70	+0,79	-0,91	+0,99	-1,00	+0,99
<i>n</i>	16	17	18	19	20	21		
<i>p</i>	33	35	37	39	41	43		
Ordinate . .	-0,88	+0,63	-0,64	+0,50	+0,17	0		

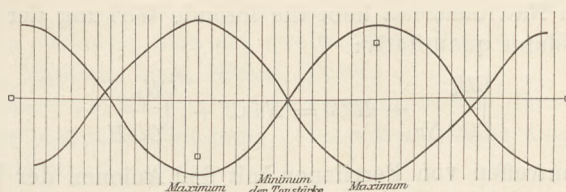


Fig. 6.

In Fig. 6 sind die Ordinaten zu t als Abszissen aufgetragen.

Beispiele zur Anwendung der Ionentheorie in der Analyse.

Von

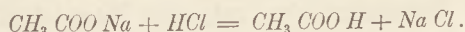
Dr. Dupré in Cöthen.

Unaufhaltsam bricht sich die Ionentheorie Bahn, und kein einziges Werk der neueren analytischen Literatur ist mir begegnet, welches nicht mehr oder weniger die Dissoziationstheorie verwendet. Das Zusammenarbeiten von Theorie und Praxis in der Analyse verdanken wir Ostwald. Kein anderes Werk hat in so weitgehendem Maße die analytische Literatur beeinflusst wie Ostwalds „Wissenschaftliche Grundlagen der analytischen Chemie“¹⁾.

Eine Anzahl charakteristischer Versuche zur Veranschaulichung des Verhaltens und der Wirkungsweise der Ionen²⁾, welche zweckmäßig in die Vorträge oder in das Laboratoriumspraktikum einzufügen sind, will ich im folgenden anführen.

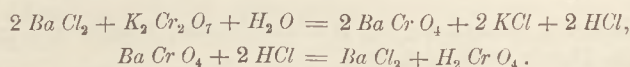
Man unterscheidet bekanntlich, um dies vorauszuschicken, einfache oder elementare Ionen und komplexe Ionen. Erstere gliedern sich in Kationen und Anionen. Die Angabe der Analysenbefunde in Form von Kationen und Anionen fördert, wie ich aus eigener Erfahrung bestätigen kann, ganz wesentlich das analytische Verständnis. Wenn Ionen zusammentreten, so bilden sich bekanntlich diejenigen Ionen, welche am wenigsten dissoziiert sind, letztere brauchen nicht notwendigerweise Niederschläge zu sein, welche allerdings in der Analyse überwiegen. Beim Zusammentreffen von Säure und Base bildet sich das sehr wenig ionisierte Wasser. Zum Beispiel entsteht bei dem nachfolgenden Versuch an Stelle der stark dissoziierten Salzsäure die schwach dissoziierte Essigsäure.

Gelbes chromsaures Kalium K_2CrO_4 löst sich in Salz- oder Salpetersäure, aber nicht in Essigsäure auf. Fügt man Natriumacetatlösung zu Salzsäure hinzu, so wird letztere in Essigsäure umgewandelt nach folgender Gleichung:



Gelbes chromsaures Kalium wird aus salzsaurer Lösung auf Zusatz von genügend Natriumacetat gefällt, weil Essigsäure entsteht, in welcher gelbes Kaliumchromat unlöslich ist.

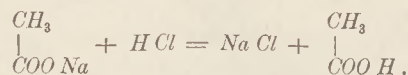
Die Fällung der Baryumsalze durch Alkalibichromate ist nicht vollständig, denn die freie Salzsäure, welche sich bildet, löst die Hälfte des Baryumchromates auf:



¹⁾ 5. Auflage 1910.

²⁾ Dupré, „Chemiker Zeitung“ 1904, 28, Nr. 16. Allgemeine Chemikerzeitung Nr. 12, Jahrgang 1904. Südd. Apotheker-Zeitung 1904.

Ein Zusatz von Natriumazetat hebt die lösende Wirkung der Salzsäure auf und die Fällung wird alsdann quantitativ:



Beim Zusammentreffen von Ferriionen mit den Anionen der Rhodanwasserstoffsäure treten die Ionen zu einer nichtdissoziierten Verbindung zusammen, gekennzeichnet durch die Farbenänderung: $\text{Fe} \cdots + 3 \text{CNS}' = \text{Fe}(\text{CNS})_3$.

Ferriionen geben ferner mit Azetionen eine Lösung von kaum dissoziiertem braunen Ferriazetat.

Kocht man Chlornatriumlösung und Kupfervitriollösung, so schlägt die blaue Farbe der Kupferlösung in grün um, ein Zeichen, daß sich wenig dissoziierte Kupferchloridmolekeln gebildet haben.

Vor dem Erwärmen ist die Lösung blau, enthält also blaue Kupferionen. Während des Erhitzens färbt sich die Flüssigkeit grün, ein Beweis, daß sich Kupferchloridmolekeln gebildet haben.

Durch Vermehren der einen Ionenart in einer Lösung wird die andere in den Hintergrund gedrängt. Das experimentelle Material zum direkten Nachweis dieses Verhaltens der Ionen ist leider dünn gesät. Ich mache in der Regel durch eine von mir zuerst aufgefundene Reaktion darauf aufmerksam³⁾. Eine Natriumthiosulfatlösung erleidet durch Säuren besonders in der Wärme Zersetzung unter Schwefelabscheidung, so auch durch die verhältnismäßig schwach dissoziierte Essigsäure. Diese Zersetzung der Thiosulfatlösung kann man teilweise oder gänzlich verhindern durch genügende Zufuhr von Azetionen in Form von Natriumazetatlösung.

Ein Zusatz von 3 Molekeln Natriumazetat auf 1 Molekel Essigsäure verhindert jede Abscheidung von Schwefel. Durch Vermehrung der Azetionen in Gestalt der Natriumazetatlösung treten die Wasserstoffionen der an und für sich schon schwach ionisierten Essigsäure in den Hintergrund, und die Folge hiervon ist, daß die Essigsäure, auch nicht in der Wärme, imstande ist die Natriumthiosulfatlösung unter Schwefelabscheidung zu zersetzen.

Ein weiterer Versuch, welchen Treadwell⁴⁾ angibt, beweist uns ebenfalls, daß die Dissoziation der Essigsäure durch Alkaliacetat (auch Ammonacetat) fast gänzlich zurückgedrängt wird.

Versetzt man eine Jodkaliumlösung mit einem Nitrit und säuert mit Essigsäure an, so färbt sich die Lösung gelb infolge der Ausscheidung von Jod. Bei Anwesenheit von viel Alkaliacetat findet auf Zusatz von Essigsäure keine Jodausscheidung statt.

Nicht nur die Dissoziation schwacher Säuren, sondern auch schwacher Basen wird durch deren Salze, d. h. durch Stoffe, die ein gleiches Ion enthalten, stark herabgedrückt.

Das Verhalten der Magnesiumsalze resp. des Magnesiumhydroxydes gegenüber Ammoniak bei gleichzeitiger Anwesenheit von Ammoniaksalzen, welches besonders Loven⁵⁾ kritisch geprüft hat, bietet einen interessanten Beleg für das oben Gesagte.

Die basischen Wirkungen des Ammoniaks, einer an und für sich schon schwach dissoziierten Base, werden durch Zusatz von Ammoniumionen in Gestalt von Ammonsalzen so stark beeinträchtigt, daß die Fällung der Magnesiumsalze durch Ammoniak

³⁾ Dupré u. Korn, Zur Bestimmung von Natriumthiosulfat, Natriumsulfit und Schwefelnatrium. Zeitschr. f. angewandte Chemie 1902, Heft 10.

⁴⁾ Treadwell, Lehrbuch der analytischen Chemie, Bd. I, S. 291. (Privatmitteilung von E. Bamberger.)

⁵⁾ Loven, Zeitschr. f. anorg. Chem., XI, 1896, S. 404. Ferner Treadwell, Zeitschr. f. anorg. Chem. 37. (1903). S. 326.

bei Anwesenheit von genügend Ammoniaksalz gänzlich unterbleibt. Ganz ähnlich wie das Magnesium verhalten sich die zweiwertigen Metalle der Schwefelammoniumgruppe Ferroeisen, Mangan, Zink, Nickel, Kobalt.

Eine starke Base wie Kali- oder Natronlauge erleidet durch Zusatz von Kalium- resp. Natriumsalzen keine Schwächung, ebensowenig eine starke Säure, wie z. B. Salzsäure auf Zusatz von Chloriden.

Der Dissoziationsgrad einer Lösung, das Verhältnis der dissoziierten Bestandteile oder Ionen zu den nichtdissoziierten Bestandteilen oder Molekeln, läßt sich kolorimetrisch durch das Experiment veranschaulichen. Einige kleine Vorversuche mögen zunächst auf den Unterschied zwischen Ion und Molekel hinweisen. Entwässere ich Kupfervitriolkristalle, so erhalte ich farblose Kupfersulfatmolekeln, während die Kupferionen blau gefärbt sind. Wasserfreie Kobaltsalze sind blau, wasserfreie Nickelsalze gelb gefärbt, während die Kobaltionen sich durch eine rotviolette, die Nickelionen durch eine grüne Färbung auszeichnen.

Kupferchlorid $Cu Cl_2 + 2 H_2 O$ ist grünlich gefärbt, wasserfrei braun, enthält also braune Kupferchloridmolekeln neben blauen Kupferionen, daher auch die grünliche Färbung. In wenig Wasser gelöst zeigt die Flüssigkeit einen grünen Farbenton, um auf Zusatz von mehr Wasser in Blau umzuschlagen. Je mehr ich Wasser hinzufüge, um so schärfer kommt die blaue Farbe der Kupferionen zum Vorschein. Die Farbenskala des Salzes ermöglicht mir, kolorimetrisch den Dissoziationsgrad der Lösung festzustellen. Ich habe schon öfters auf dieses interessante Beispiel, welches leider vereinzelt dasteht, aufmerksam gemacht.

Nicht ganz so anschaulich experimentiert es sich mit einer Kobaltchloridlösung $Co Cl_2 \cdot 6 H_2 O$. Die wasserärmeren Hydrate dieses Salzes sind blau gefärbt. Auch konzentrierte wässrige Lösungen, welche in der Kälte rot sind, färben sich in der Hitze blau. Insbesondere geschieht letzteres, wenn man die Zahl der Chlorionen in der Lösung durch Zusatz von Salzsäure oder Chlornatrium vermehrt. Es bildet sich dann das nichtdissoziierte Salz, dessen wasserärmere Verbindungen, wie oben erwähnt, blau gefärbt sind.

Ein einfaches Hygroskop läßt sich herstellen, wenn man ein Gewebe mit einer konzentrierten Kobaltchloridlösung tränkt. Aus der Farbe des Gewebes läßt sich auf den Feuchtigkeitsgehalt der Luft resp. auf Regen schließen. In trockener Luft ist es blau, in feuchter blaßrot, dazwischen treten violette Farbennüancen auf.

An dieser Stelle mag auch ganz kurz der sog. sympathetischen Tinte der Vollständigkeit halber Erwähnung getan werden, einer sehr dünnen Kobaltchloridlösung, mit der man auf Papier schreibt. Die Schriftzüge sind kaum sichtbar, kommen erst beim Erwärmen mit blauer Farbe zum Vorschein. Die in der außerordentlich verdünnten Kobaltchloridlösung kaum gefärbten Kobaltionen wandeln sich in blaue nichtdissoziierte Kobaltchloridmolekeln beim Erwärmen um.

Dieselben Eigenschaften wie das Kobaltchlorid zeigen mehr oder weniger auch die anderen Salze des Kobalts, welche wasserfrei durchweg blau gefärbt sind.

Der Übergang von einer Ionenart in die andere gibt sich in der Regel durch einen Farbenumschlag kund. Kupfer-Nickel oder Kobaltionen enthaltende Lösungen werden auf Zusatz von Ammoniak tief dunkelblau, blau bzw. gelblichbraun infolge Bildung komplexer Kupfer-, Nickel-, Kobaltammonionen. Die komplexen Ionen unterscheiden sich dadurch von den einfachen Ionen, daß in dem Ionenkomplex die Reaktionen des Einzelions mehr oder weniger zurücktreten und der Komplex sich wie ein einziges Ion verhält. Versetze ich eine Ferro- oder Ferricyankaliumlösung mit Natronlauge, Ammoniak oder Schwefelammonium — sämtlich Reagenzien auf Eisensalze —, so entsteht kein Niederschlag, obwohl die Blutlaugensalze in ihren Formeln $K_4 [Fe (CN)_6]$ sowie $K_3 [Fe (CN)_6]$ Eisen aufweisen. In einer Eisenvitriol- oder Eisenchloridflüssigkeit würde sich sofort eine Fällung bilden. Trotzdem dienen das

gelbe und rote Blutlaugensalz, ungeachtet ihres Eisengehaltes, zum Nachweis des letzteren. Der Komplex $Fe(CN)_6$ in den beiden Salzen verhält sich wie ein Einzelion, d. h. zeigt weder die Reaktionen des Eisenions — Natronlauge, Ammoniak, Schwefelammonium reagieren nicht — noch die des Cyanions. Beide Salze zählen nicht zu den Giften, und die schärfsten Gifte, welche wir kennen, Blausäure, Cyankalium, enthalten ja Cyanionen. In einer Kaliumchloratlösung entsteht auf Zusatz von Silbernitrat kein Niederschlag. Die Lösung enthält zwar Chlor, aber in der Form des komplexen Ions ClO_3 , nicht Chlorion. Nach Zusatz von wenig schwefliger Säure zu einer ClO_3 -Ionen enthaltenden Flüssigkeit bildet sich mit Silbernitrat ein Niederschlag, weil nunmehr Chlorionen vorhanden sind. In der komplexen Verbindung Kaliumsilbercyanid $K[Ag(CN)_2]$ ist das komplexe Ion $Ag(CN)_2$ weder durch OH -Ionen noch durch Chlorionen fällbar, d. h. zeigt nicht die Reaktionen der Silberionen. Die Beständigkeit der Ionenkomplexe ist nun sehr verschieden. Während es nicht gelingt, den Ionenkomplex $Fe(CN)_6$ zu sprengen, entsteht in der zuletzt angeführten Kaliumsilbercyanidlösung durch Schwefelwasserstoff eine Fällung von Schwefelsilber. Eine Lösung, welche komplexe $Cd(CN)_4$ -Ionen aufweist, spaltet Kadmiumionen ab, wie die Bildung von gelbem Schwefelkadmium auf Zusatz von Schwefelwasserstoff beweist. Im Kaliumkupfercyanid $K_2[Cu(CN)_4]$ hingegen ist der Ionenring $Cu(CN)_4$ außerordentlich fest gefügt, Schwefelwasserstoff erweist sich als unwirksam.

Das Eisen vermag übrigens außer mit dem bereits erwähnten Cyan noch mit vielen anderen Stoffen komplexe Verbindungen zu bilden, welche die Reaktionen der Eisenionen nicht oder nur unvollkommen geben. Stickoxyd verbindet sich mit Ferroion zu einem komplexen Ion $FeNO\cdot$, welches allerdings ziemlich unbeständig ist, bereits in der Siedehitze unter Bildung von Stickoxyd gespalten wird.

Die Fällungen von Ferri-, Chrom-, Aluminiumhydroxyd in Eisen-, Chrom-, Aluminiumsalzlösungen, von Kupferhydroxyd in Kuprisalzlösungen, werden ganz oder teilweise verhindert infolge Bildung komplexer Ionen, worauf ja besonders in der Analyse zu achten ist.

An dieser Stelle will ich auch als zugehörig zu den komplexen Verbindungen die Oxalate des Eisens nennen, welche infolge ihrer abweichenden Farbe von jeher als chemische Rätsel gegolten haben. Das Kaliumferrooxalat $K_2Fe(C_2O_4)_2$ ist im Gegensatz zu den übrigen Ferrosalzen nicht grünlich, sondern gelbrot gefärbt, zeigt also die Farbe der Ferrisalze. Es findet in der Photographie Verwendung als Entwickler wegen seiner stark reduzierenden Eigenschaften. Die Lösung enthält das komplexe gelbrote Ferrooxalation $Fe(C_2O_4)_2''$.

Die schön kristallisierenden Salze des komplexen Ferrioxalations $Fe(C_2O_4)_3'''$, z. B. das Kaliumsalz $K_3Fe(C_2O_4)_3$ sind im Gegensatz zu den anderen Ferrisalzen grün gefärbt. Die Lösungen dieser Salze zeichnen sich, um dies nebenbei zu erwähnen, in hohem Grade durch Lichtempfindlichkeit aus. Eine Lösung des Ferrioxalates scheidet im Sonnenlichte fast momentan einen gelben Niederschlag von Ferrooxalat ab, gleichzeitig entweicht Kohlensäure:



Der Unterschied zwischen den besprochenen komplexen Verbindungen und den Doppelsalzen, wie z. B. den Alaunen, ergibt sich sehr einfach an der Hand des Experimentes. Im Kalialaun lassen sich die Ionen einzeln leicht nachweisen, Kaliumion durch Wasserstoffplatinchlorid, Aluminiumion durch Ammoniak, SO_4 -Ion durch Baryumion. Im Gegensatz hierzu verhalten sich die komplexen Ionen in den komplexen Verbindungen wie ein einziges Ion, indem die Reaktionen der Einzelionen mehr oder weniger je nach der Beständigkeit des Komplexes ganz oder teilweise zurücktreten.

Wenn eine Ionenart in die andere übergeht, so handelt es sich nicht immer um den Übergang eines elementaren in ein komplexes Ion, sondern zuweilen wandelt sich ein Kation in ein Anion um.

Letzteres ist besonders der Fall bei denjenigen Metallen, welche imstande sind, höhere Oxydationsstufen zu bilden, wie z. B. Mangan und Chrom. Schwach rosa gefärbte Kationen kennzeichnen die Lösungen der Manganosalze. In der höheren Wertigkeitsstufe des Mangans ist der Anionencharakter scharf ausgeprägt. Grüne Mangansäureanionen MnO_4^{2-} , allerdings sehr unbeständig, finden sich in der Lösung von mangansaurem Alkali, rote Übermangansäureanionen MnO_4^- in der Chamäleonflüssigkeit.

Noch manches andere ließe sich anführen. Die etwas trockene Materie der analytischen Chemie gewinnt doch zusehends, im Ostwaldschen Sinne vorgetragen und verarbeitet. Die Fülle der Reaktionen läßt sich vom Ionenstandpunkte aus im Interesse des Ganzen erklecklich reduzieren, reagieren doch alle Lösungen gleich, welche dasselbe Ion aufweisen. Also überall kann man sagen, wohin man schaut, Vorteile, welche das Ganze heben und die Eintönigkeit des Stoffes beleben. Dem Aufbau der anorganischen und analytischen Chemie vom Standpunkt der Lehre der Ionen aus müßte dann zweckmäßigerweise unter Verwendung der im Laboratorium verarbeiteten Materie als Schlußstein ein besonderer Vortrag über wissenschaftliche Grundlagen der analytischen Chemie folgen.

Chemisches Laboratorium des Polytechnikums.

Ein neuer Apparat zur Untersuchung der Gesetze des freien Falls.

Von

Dr. Wilhelm Bahrdt in Groß-Lichterfelde bei Berlin.

Bei der experimentellen Untersuchung der Gesetze des freien Falls handelt es sich erstens um den Nachweis, daß der freie Fall eine gleichmäßig beschleunigte Bewegung ist oder daß die Fallwege sich wie die Quadrate der zugehörigen Zeiten verhalten, und zweitens um die Bestimmung der konstanten Fallbeschleunigung g . Das Gesetz, daß die Fallgeschwindigkeit proportional der Fallzeit, bzw. proportional der Quadratwurzel aus dem Fallraum ist, wird aus der experimentell aufgefundenen oder bestätigten Formel $s = g/2 \cdot t^2$ mathematisch hergeleitet. Obgleich das Kapitel über den freien Fall eines der wichtigsten aus der Schulmechanik ist, so gibt es doch verhältnismäßig wenig experimentelle Hilfsmittel, die allgemeine Anwendung im Schulunterricht gefunden haben. Das Bestreben, die Fallgesetze experimentell zu behandeln und andererseits die Schwierigkeit, die kleinen Fallzeiten zu messen, haben dazu geführt, daß man sich gewöhnlich mit dem Nachweis des verzögerten Falls durch die Atwoodsche Fallmaschine oder die Galiläische Fallrinne begnügt. Indessen ist auch eine größere Reihe von Apparaten und Versuchsanordnungen erdacht worden, mit denen man den freien Fall selbst untersuchen kann; sie lassen sich in gewisse Gruppen einordnen.

Vergrößert man die Fallräume erheblich, so kann man direkt mit der Stechuhr oder dem Metronom die zugehörigen Zeiten messen. In einem sehr beachtenswerten Aufsätze (diese Zeitschr. XVI, S. 90 ff.) macht Grimsehl den Vorschlag, im Treppen Hause derartige Fallversuche anzustellen. Durch solche einfachen Versuche kann man sowohl die Fallbeschleunigung g , als auch die Proportionalität der Fallwege mit den Quadraten der zugehörigen Fallzeiten, wenn auch leider nur sehr ungenau, ermitteln.

Das Zeitweggesetz läßt sich in einfacher und anschaulicher Weise auch mittelst der Handlschen Fallschnüre zeigen, bei denen an einer mehrere Meter langen Schnur in Abständen, die, vom unteren Ende gemessen, sich wie 1:4:9 usw. verhalten,

Bleikugeln angebracht sind und die beim Fallen in gleichem Takte auf den Fußboden aufschlagen.

Eine direkte Messung der Fallzeit in tausendstel Sekunden wird durch das Hippsche Chronoskop ermöglicht; jedoch wird die Anschaffung desselben wegen des hohen Preises nur wenigen Schulen möglich sein.

Bei einer großen Anzahl von Apparaten zeichnet eine fallende Stimmgabel oder ein anderer schwingender Körper mittelst einer Schreibspitze auf einer senkrechten, ebenen Fläche eine Fallkurve auf oder aber eine Schreibfläche fällt an einer schwingenden Stimmgabel, die ihrerseits befestigt ist, vorbei. Hierher gehören u. a. die Neumannsche Fallmaschine, die Vorrichtungen von Fr. C. G. Müller, O. Reichel u. a.

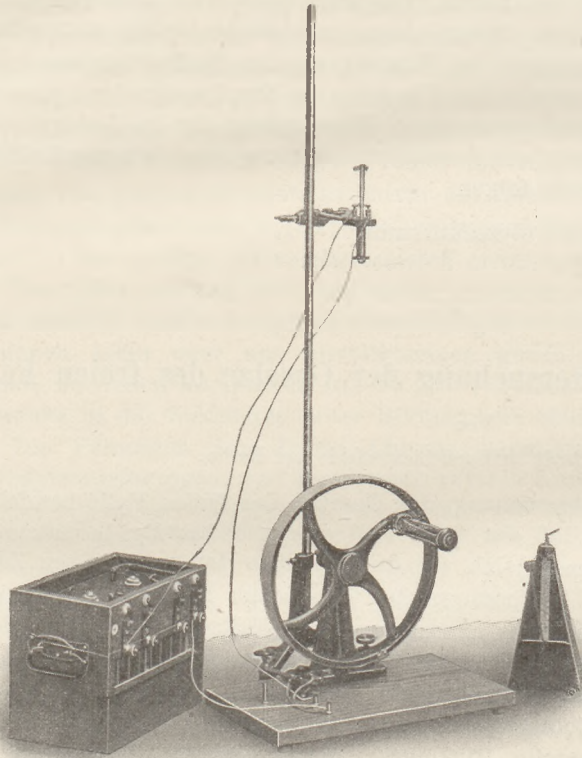


Fig. 1.

Bei allen diesen Methoden muß die Stellung der Apparate sehr exakt ausprobiert sein, damit die Schreibspitze wirklich eine zusammenhängende Kurve zeichnet; daher sind sie für Schülerübungen kaum geeignet. Um g zu messen, muß außerdem die Schwingungszahl der Stimmgabel bekannt sein; diese Bekanntschaft mit akustischen Messungsmethoden wird aber bei der Durchnahme der Fallgesetze im allgemeinen nicht als bekannt vorausgesetzt werden dürfen. Andererseits muß anerkannt werden, daß diese Methoden außerordentlich genaue Resultate liefern.

Eine andere Reihe von Apparaten beruht auf der Vergleichung der Fallzeiten mit der Schwingungszeit einer elastischen Feder (Kottenbachs Apparat, diese Zeitschr., *XVIII*, S. 79) oder eines phy-

sischen Pendels (Whitings Pendel, s. Hahn, Handbuch für physikalische Schülerübungen, S. 146). Die beiden Apparate sind wohl die besten bisher veröffentlichten Schulapparate für den freien Fall. Der Kottenbachsche Apparat hat jedoch den Nachteil, daß man nur drei verschiedene Fallhöhen (10, 40 und 90 cm) untersuchen kann, die den Zeiten von einer halben, von zwei und drei halben Schwingungen der elastischen Feder entsprechen. Das Whitingsche Pendel hat den Vorzug der einfachen, mechanischen Auslösung und der leichten Ausführbarkeit des Versuchs, jedoch den Nachteil, daß man nur eine einzige Fallhöhe, bzw. Fallhöhen, die sich voneinander nur wenig unterscheiden, untersuchen kann, denn es läßt sich durch aufgelegte Gewichte die Schwingungsdauer des Whitingschen Pendels nur in engen Grenzen variieren. Die von J. Weiß im letzten Maiheft dieser Zeitschrift beschriebene Versuchsanordnung zur Bestimmung der Fallbeschleunigung gehört ebenfalls zu dieser Gruppe von Apparaten.

Die letzte Reihe von Apparaten endlich beruht auf der Abbildung der Fallzeit auf gleichförmig bewegten Körpern; diese gleichförmige Bewegung ist entweder eine

fortschreitende (vgl. den Aufsatz des Verf. in dieser Zeitschr. XVI, S. 325 ff.) oder die drehende Bewegung eines Zylinders oder Rades. Hierher gehören der Morinsche Apparat, bei dem ein an einem frei fallenden Körper angebrachter Schreibstift auf einem gleichförmig um eine vertikale Achse rotierenden Papierzylinder eine parabolische Bahn zeichnet, ferner das vom Verf. in dieser Zeitschr. XVIII, S. 129 ff. beschriebene Chronoskop und der im folgenden beschriebene Apparat¹⁾.

Der Apparat dient zur Messung der zu einer beliebigen Fallhöhe gehörigen Fallzeit. Man kann mit demselben sowohl die Formel $s = g/2 t^2$ bestätigen, als auch die Größe von g berechnen.

Die Versuchsanordnung ist in Fig. 1 abgebildet. Ein schweres eisernes Schwungrad von großem Trägheitsmoment ist an einem Eisenbock befestigt, der auf einem starken Grundbrett mit Gummifüßen gelagert ist. Um den Rand des Rades ist in ganzer Breite ein Papierstreifen gelegt, der eine Millimeterteilung trägt. An der Radperipherie ist eine nach außen gerichtete Metallnase angebracht. An einem Stativ senkrecht über der Radperipherie ist ein Solenoid befestigt, durch das der Strom zweier Akkumulatorzellen geschickt wird; das Solenoid vermag einen an den Enden konisch angespitzten Eisenzylinder zu tragen, der als Fallkörper verwendet wird. Um diejenige Lage des Eisenstiftes im Solenoid aufzufinden, bei der die Anziehungskraft gerade ausreicht, um den Eisenkörper noch zu halten, verschiebt man im Innern einen in der ganzen Längsachse gespaltenen, federnd gegen die Wandung drückenden

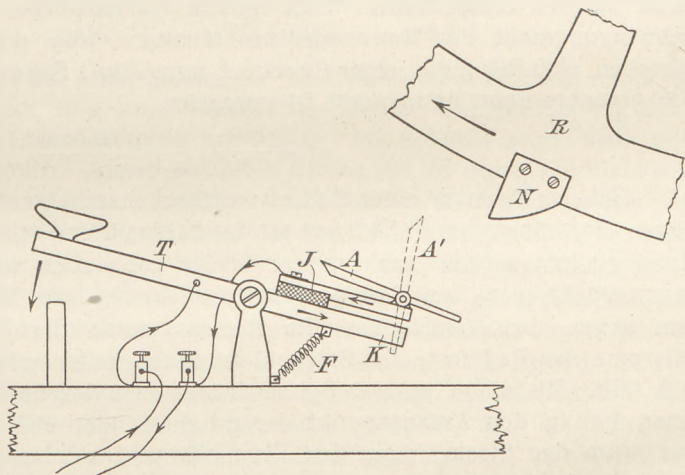


Fig. 2.

Messingstift. Der elektrische Strom kann geöffnet und geschlossen werden durch einen Ausschalter, der an einem auf dem Grundbrett neben dem Schwungrade montierten Morsetaster angebracht ist. Die Wirkungsweise des Ausschalters ist aus Fig. 2 ersichtlich. Drückt man den Knopf des Tasters T nach unten, so wird der Ausschalter A' so weit der Radperipherie genähert, daß die Nase N beim Drehen des Rades R gegen den Ausschalter schlägt und den elektrischen Strom an der Kontaktstelle K unterbricht; ist der Knopf aber in seiner Ruhelage, so befindet sich zwischen Ausschalter und Nase ein genügend großer Zwischenraum, so daß kein Ausschalten erfolgen kann. In der Fig. 2 stellt J eine isolierende Hartgummischicht zwischen Taster und Ausschalter dar. Mittels eines an der Radspitze angebrachten Handgriffs wird das Schwungrad nach dem Takte eines Metronoms, das halbe Sekunden schlägt, also auf den Teilstrich 120 eingestellt ist, mit konstanter Geschwindigkeit gedreht; in jeder Sekunde macht das Rad dann zwei Umdrehungen. Ein Punkt der Peripherie hat also — eine gleichmäßige Drehung vorausgesetzt — eine konstante Geschwindigkeit, die gleich dem doppelten Radumfang ist. Die Erzielung einer konstanten Drehgeschwindigkeit ist nicht schwer; man muß nur den Handgriff locker fassen, so daß

¹⁾ Da in der Zusammenstellung nur diejenigen Methoden Erwähnung gefunden haben, die für den Schulunterricht Bedeutung haben, so sind das ballistische Pendel, der Chronograph von Siemens und andere Vorrichtungen hier fortgelassen worden.

ruckweises Wirken der Kraft möglichst vermieden wird, und ferner darauf achten, daß bei jedem Schlag des Metronoms die drehende Hand sich immer an derselben Stelle befindet. Infolge des großen Trägheitsmoments des Rades rufen kleine, ruckweis auftretende Stöße der Hand keine merklichen Geschwindigkeitsänderungen hervor. Wiederholt habe ich eine Prüfung der Geschwindigkeitskonstanz dadurch bewirkt, daß ich eine Stimmgabel von bekannter Schwingungszahl (435) ihre Wellenlinien auf den beruhten Papierstreifen des rotierenden Rades schreiben ließ. Es wurde dann eine bestimmte Anzahl ganzer Wellen abgezählt und ihre Länge gemessen; darauf wurde ihre Länge unter der Voraussetzung, daß das Rad mit absolut konstanter Geschwindigkeit gedreht wäre, berechnet und der gemessene mit dem berechneten Werte verglichen. Die Unterschiede betragen meist 1 bis 3%. Man kann auch umgekehrt mit Hilfe des Apparats die Schwingungszahl einer Stimmgabel bestimmen, indem man die mit Schreibspitze versehene Stimmgabel ihre Schwingungen auf den beruhten Papierstreifen des taktmäßig nach dem Metronom gedrehten Rades schreiben läßt. Es sei a die Wellenzahl, die auf eine Länge l mm des Papierstreifens kommt, dann ist die Länge einer Welle gleich l/a mm; der Radumfang sei L mm, die Schwingungszahl des Metronoms pro Minute z , also pro Sekunde $z/60$, dann entsprechen $z/60$ Sekunden einer Strecke L mm, also 1 Sekunde einer Strecke $60L/z$ mm. Die gesuchte Schwingungszahl ist nunmehr

$$n = \frac{60L}{z} : \frac{l}{a} = \frac{60L \cdot a}{z \cdot l}$$

Bei der Messung einer Fallzeit verfährt man folgendermaßen. Man schaltet den Strom ein, hängt den Fallkörper an das Solenoid und schiebt ihn mit dem geschlitzten Messingbolzen soweit nach unten, bis er noch eben vom Solenoid getragen wird. Jetzt drückt man den Taster nieder und bewegt die Nase der Radperipherie langsam gegen den Ausschalter. Im Moment, wenn der Kontakt unterbrochen wird, hält man das Rad fest; das Solenoid ist nunmehr stromlos geworden, und der Eisenstift fällt. Mit seiner unteren Spitze drückt er in den Papierstreifen der Radperipherie einen Punkt, den Anfangspunkt der zu messenden Fallzeit, ein. Man schließt nun wiederum den Strom, hängt den Eisenstift an das Solenoid, läßt das Metronom halbe Sekunden schlagen und dreht das Rad, bis man eine konstante Drehgeschwindigkeit erzielt hat. Man drückt nun den Taster nieder; die Nase schlägt gegen den Ausschalter, der Strom wird geöffnet und der Eisenkörper fällt. Beim Aufschlagen auf die Radperipherie drückt er in den Papierstreifen eine Marke, den Endpunkt der zu messenden Fallzeit. Der Abstand beider Punkte werde gleich a cm gemessen, dann ist die Fallzeit $t = a/2u$, wenn u den Radumfang bedeutet. Der Fallweg wird vom tiefsten Punkte des angehängten Fallkörpers bis zum obersten Rande der Radperipherie gemessen. Es ist empfehlenswert, für ein und dieselbe Fallstrecke in der beschriebenen Weise mehrere Zeitbestimmungen zu machen und aus diesen das Mittel zu nehmen. Die Ungenauigkeit, die sich bei der Einzelmessung aus unregelmäßiger Drehgeschwindigkeit ergibt, wird durch Anstellung mehrerer Versuche, bei denen man das Mittel aus den Abständen des Anfangspunktes und der Einzelendpunkte nimmt, verkleinert; innerhalb weniger Minuten lassen sich eine ganze Reihe von Einzelversuchen anstellen.

Die Proportionalität des Fallraumes s mit dem Quadrat der Fallzeit t zeigt man dadurch, daß man das Solenoid in verschiedenen Höhen des Stativs festklemmt und zu jedem Wege die Zeit mißt. Es lassen sich Fallräume bis zu beliebiger Größe untersuchen. Die obere Grenze wird nur durch die Höhe des Stativs gegeben; bei allzu kleinen Fallräumen (unterhalb 4 cm) werden die Eindrücke des Fallkörpers undeutlich.

Die Größe g kann man aus einem Fallraum s und der zugehörigen Fallzeit t berechnen nach der Formel $s = g/2 t^2$. Hierbei ist es empfehlenswert, den Fallraum s

möglichst groß zu nehmen, weil ein Fehler von derselben Größe bei einer langen Fallzeit weniger als bei einer kurzen das Resultat beeinflusst.

In der folgenden Tabelle sind einige Versuche zusammengestellt, die z. T. von Schülern in den praktischen Übungen gemacht sind.

Fallraum in cm	Gemessene Fallzeit in Sek. (die Zahlen in Klammern bedeuten die Anzahl der Einzelversuche, aus denen die Fallzeit das arithme- tische Mittel ist)	Nach der Formel $s = g/2 t^2$ berechnete Fallzeit	Größe des Fehlers in Sek.
4,8	0,099 (5)	0,109	0,010
14,8	0,188 (6)	0,174	0,014
19,12	10,214 (4)	0,198	0,016
27,3	0,244 (6)	0,236	0,008
40,2	0,303 (4)	0,286	0,017
53,0	0,343 (6)	0,329	0,014
68,7	0,378 (5)	0,374	0,004
82,3	0,416 (4)	0,410	0,006

Diese Werte zeigen, daß bei allen Messungen die beobachtete Fallzeit etwas zu groß gegen die berechnete ist, und zwar beträgt der Fehler weniger als $\frac{2}{100}$ Sek. Der Fehler rührt nicht vom Luftwiderstand her, da er, wie Spalte 4 zeigt, nicht mit der Größe des Fallraumes wächst. Dieser bei allen Messungen in derselben Richtung liegende Fehler kommt aller Wahrscheinlichkeit nach daher, daß nicht genau im Moment der Stromausschaltung der Magnetismus des Solenoids verschwindet, sondern erst nach einigen tausendstel Sekunden, was zur Folge hat, daß der Eisenkörper seinen Fall auch etwas später beginnt. Es ist mir freilich nicht gelungen, wie ich anfangs hoffte, diesen Fehler dadurch zu eliminieren, daß ich einen aus einem Bündel von dünnen Einzelstäben hergestellten Fallkörper verwendete. Ein zweiter Grund für den einseitigen Fehler mag psychologischer Art sein; beim Experimentieren der Schüler mit dem Apparat habe ich die Beobachtung gemacht, daß sie alle das unwillkürliche Bestreben haben, das Rad etwas zu schnell zu drehen; es scheint so, als ob das halbe Sekunden schlagende Metronom sie zu einigem Hasten antreibt. Bei den Übungen der Schüler mit dem Apparat hat es sich als praktisch herausgestellt, daß der eine Schüler nach dem Takte des Metronoms das Rad dreht, während ein anderer Schüler das Niederdrücken des Tasters besorgt; bei dieser Arbeitsteilung wird die Aufmerksamkeit des ersten Schülers ungeteilt der Haupttätigkeit, dem gleichförmigen Drehen, zugewandt, so daß eine größere Genauigkeit der Versuchsergebnisse erzielt werden kann. Die Schüler einer von mir nicht unterrichteten Prima haben nach diesem Verfahren die folgenden Werte für g erhalten: 995; 978; 958 und 988 cm; die Fallhöhe bei diesen Versuchen betrug 1 m.

Der Apparat wird von der Firma Leppin & Masche, Berlin SO. Engelufer 17 zum Preise von 68 M. geliefert.

Zur Ableitung der Zentrifugalformel.

Von

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

Nach dem I. Newtonschen Prinzip muß auf die Wirksamkeit einer konstanten Kraft $k = am$ geschlossen werden, so oft ein Massenpunkt m sich auf einer Geraden mit der gleichmäßigen Beschleunigung a bewegt. Eine gleichmäßig beschleunigte Bewegung ist aber festgestellt, wenn der bewegte Punkt, von der Ruhelage aus ge-

messen, in doppelter Zeit den 4fachen Weg durchläuft. Für diese Art der Bewegung gilt die bekannte Formel

$$k = 2s/t^2 \cdot m.$$

Es bedarf kaum des Hinweises, daß der Wert $2s/t^2$ auch für ein noch so kleines t , also für den ersten Moment nach dem Einsetzen der Kraft, der nämliche ist wie nach längerer Dauer der Bewegung.

Auf das Vorhandensein einer konstanten Kraft schließen wir nach Prinzip II aber auch, wenn ein mit Geschwindigkeit begabter Massenpunkt senkrecht zu seiner dermaligen Richtung in doppelter Zeit um den 4fachen Weg abtreibt. Der parabolische Wurf ist hierfür das klassische Beispiel.

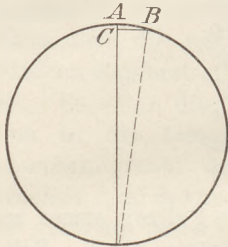


Fig. 1.

Ähnliche Schlüsse gelten, wenn sich ein Massenpunkt mit konstanter Geschwindigkeit v auf der Peripherie eines Kreises bewegt. Wegen des stetigen Abtreibens muß in jedem Moment eine Kraft senkrecht zur Tangente wirksam sein. Beim Aufhören dieser Kraft würde der Körper mit der Geschwindigkeit v in der Richtung der Tangente weiterfliegen. Der Massenpunkt sei in einem bestimmten Augenblick in A .

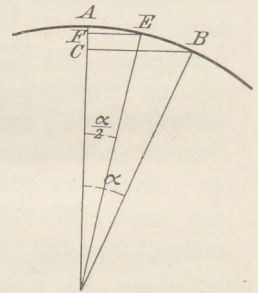


Fig. 2.

Nach einem sehr kurzen Zeitteilchen τ möge er bis B gelangt sein. Es ist klar, daß er nunmehr um die Strecke AC abgetrieben ist. Aus dieser Strecke muß sich nach der angeführten Formel $k = 2AC/\tau^2 \cdot m$ ergeben. AC ist aber in dem rechtwinkligen Dreieck ABD gleich $AB^2/2r$ und AB gleich $v\tau$, woraus

$$k = \frac{mv^2}{r}.$$

Diese Ableitung gilt indessen nur unter der Voraussetzung, daß der Massenpunkt die Strecke AC gleichmäßig beschleunigt durchmißt, wie wir einstweilen angenommen. Die Berechtigung dieser Annahme bleibt noch zu erweisen. Es kommt wieder darauf hinaus, zu zeigen, daß in halber Zeit ein Viertelweg zurückgelegt wird. Schon die genau ausgeführte Zeichnung (Fig. 2) läßt erkennen, daß der dem halben Bogen entsprechende Abtrieb AF etwa ein Viertel AC ist. Für Schüler, welche den Trigonometrikursus durchgemacht haben, ergibt sich leicht

$$AC = r(1 - \cos \alpha) = r 2 \sin^2 \frac{\alpha}{2}$$

$$AF = r \left(1 - \cos \frac{\alpha}{2}\right) = r 2 \sin^2 \frac{\alpha}{4}$$

$$\frac{AC}{AF} = \left(\frac{\sin \alpha}{\sin \alpha/2}\right)^2.$$

Für sehr kleine Winkel ist aber $\frac{\sin \alpha}{\sin \alpha/2} = 2$. Also $\frac{AC}{AF} = 4$.

Schließlich ist es hier, wie in jedem Falle, wo es sich um Näherungswerte und Grenzwerte handelt, empfehlenswert, den Schülern die Größe der Annäherung an bestimmten Beispielen aufzuweisen. Sei α z. B. 1° . In den Tafeln findet man

$$\sin 1^\circ = 0,0174524 \quad \sin 30' = 0,0087265$$

$$\frac{1}{2} \sin 1^\circ = 0,0087262.$$

Die Abweichung von $\frac{1}{2} \sin 1^\circ$ und $\sin \frac{1}{2}^\circ$ beträgt also nur 3 Einheiten der 7. Dezimale, bzw. $\frac{3}{87262}$ oder rund $\frac{1}{29000}$ der Größe $\sin \frac{1}{2}^\circ$. —

Eine andere Annäherung war die, daß der Bogen AB an Stelle der Sehne AB gesetzt wurde. Sei α wieder 1° , dann ist $AB = 2 \sin \frac{1}{2}^\circ = 0,0174530$. $\text{Arc } 1^\circ$ ist aber nach den Tafeln $0,0174533$.

Die nach vorstehenden Andeutungen durchgeführte schulmäßige Ableitung der Zentrifugalformel faßt nur die Tatsache des Abtreibens und die sichtbare Größe des Seitenwegs ins Auge. Das hergebrachte, überflüssige und mißverständliche Parallelogramm über BC ist nicht eingezeichnet. Dagegen ist der Nachweis für die Anwendbarkeit der Formel der gleichmäßig beschleunigten Bewegung erbracht, wodurch erst die rechte Strenge und Schlüssigkeit des Beweises erzielt wird.

Die neuerdings bevorzugte Herleitung der Formel $a = v^2/r$ mittels des Geschwindigkeitsparallelogramms halte ich, von ihrer Strenge und Richtigkeit ganz abgesehen, für pädagogisch weniger empfehlenswert, weil sie nicht mit den sinnfälligen Grundgrößen Weg und Zeit konstruiert und rechnet, sondern mit den abstrakten der Geschwindigkeit und Beschleunigung, und obendrein mit einer bloß fingierten Seitengeschwindigkeit.

Die Bestätigung der Zentrifugalformel aus der Brennweite des Rotationshohlspiegels.

Von

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

Das in üblicher Weise mit der Schwungmaschine an Flüssigkeiten erzeugte Zentrifugalparaboloid hat sehr geringe Brennweite. Soll der Flüssigkeitsspiegel für optische Demonstration brauchbar werden, so darf seine Brennweite nicht unter 12,5 cm betragen, was einer Umlaufszeit von 1 Sek. entspricht. Dementsprechend ist es angezeigt, die Flüssigkeit nicht auf der Laufspindel, sondern auf dem Schwungrade der Maschine in Umdrehung zu versetzen. Die ganze Versuchsanordnung ist

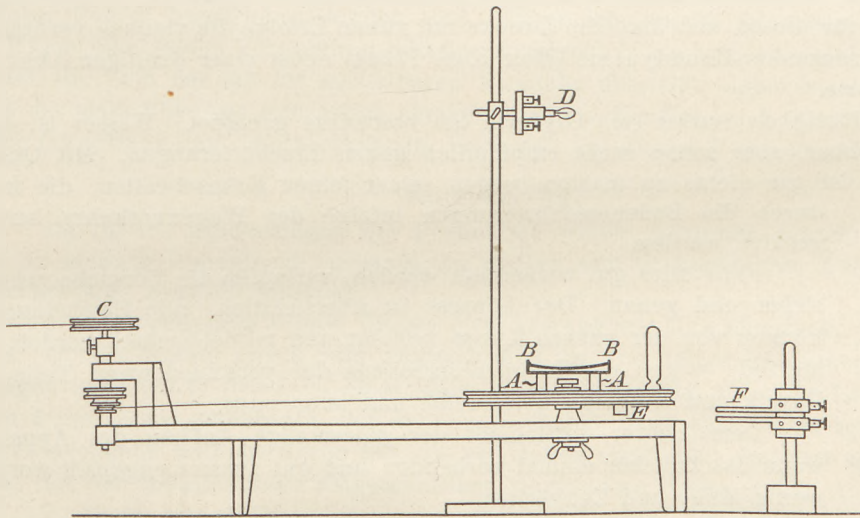


Fig. 1.

aus Fig. 1 ersichtlich. A ist ein konaxial auf das Schwungrad einer guten Schwungmaschine gestellter Ring aus Holz oder Metall, dessen Lage durch untergebrachte Wachskügelchen gesichert werden kann. Noch besser ist es, ihn auszuzahnen, so daß er exakt auf die Radspeichen paßt. Auf ihm wird mit Wachskügelchen die flache Kristallierschale B zentriert. In die Laufspindel läßt sich die Schnurscheibe C befestigen und durch einen auf dem Nebentische stehenden Elektromotor antreiben. Der Durchmesser der Schnurrollen ist so zu bemessen, daß die Umlaufszeit von B zwischen 1 bis 2 Sekunden nach Belieben herausgebracht werden kann.



Senkrecht über der Schale B kann eine kleine Glühlampe D an einem geeigneten Stativ in Horizontallage in solcher Höhe festgestellt werden, daß unter der Zimmerdecke ein scharfes Bild des U-förmigen Glühfadens entsteht. Der Abstand der Decke von der Tischplatte wurde ein für alle Male ausgemessen; der jedesmalige Abstand des Glühfadens vom Spiegel ergibt sich, allen Schülern sichtbar, mittels eines passenden Zentimeterstabes in wenigen Sekunden.

Die Bestimmung der Umlaufzeit läßt sich leicht in der Weise bewerkstelligen, daß ein Schüler die Vorbeigänge einer am Schwungrade angebrachten Marke laut zählt, während die Übrigen den Sekundenzeiger der Taschenuhr beobachten. Für eine Beobachtungsdauer von etwa 120 Sekunden ergibt sich so die Umlaufzeit auf $\frac{1}{2}\%$ genau. Verf. benutzt für diese und andere auf Zählung beruhenden Zeitmessungen den Morseschreiber. Am Schwungrad wird ein 2 cm langes Zylindersegment E aus Messingblech festgeklemmt, welches an einem seitlich aufgestellten Paar feiner Schleifedern, deren Anordnung in Fig. 1 bei F sichtbar ist, Stromschluß bewirkt, so daß auf dem Papierstreifen eine Punktreihe hervorgerufen wird. Man zählt nun nach einem Sekundenschläger und stößt auf einem bestimmten Schlag den Schreibhebel mit dem Finger kurz nieder und ebenso etwa beim 30. später. Hinterher läßt sich nach den Marken auf dem Streifen die Umlaufzeit äußerst scharf bestimmen.

Zum guten Gelingen dieser Versuche muß die rotierende Schale durchaus erschütterungsfrei sein. Das setzt voraus, daß die Spindel und die Radachse exakt in ihren Lagern laufen. Man darf, wenn die Maschine läuft, mit dem angelegten Finger kein Vibrieren fühlen. Der Elektromotor kann natürlich nicht mit auf dem Experimentiertische stehen. Selbstverständlich muß sein Gang vollkommen konstant sein, was nicht nur eine gute Bauart, sondern auch eine konstante Stromquelle voraussetzt. Das Bild unter der Decke soll längere Zeit gleichmäßig scharf erscheinen, ebenso beim wiederholten Stillsetzen und Wiederanlassen der Maschine. Ich verwende seit Jahren für diesen und ähnliche Zwecke mit gutem Erfolge die vielfach verbreitete 15 voltige Kreuzanker-Handdynamo (Max Kohl 27344) nebst einer 6zelligen Akkumulatorenbatterie.

Als Flüssigkeit erwies sich Glycerin als besonders geeignet. Wasser ist auch noch brauchbar, aber schon recht empfindlich gegen Erschütterungen. Mit Quecksilber aber ist gar nichts zu machen wegen seiner feinen Kräuselwellen, die schon durch die Bodenerschütterungen infolge des Wagenverkehrs hervorgerufen werden.

Falls alles gut vorbereitet worden, verlaufen die Versuche schnell, sicher und genau. Der Apparat ist übersichtlich, alle Erscheinungen können von der ganzen Klasse verfolgt und mitbeobachtet werden, die Methode wegen des Ineinandergreifens der verschiedensten Teile der Physik und Mathematik lehrreich und interessant.

Dem Lehrer verursacht der jedesmalige Aufbau des Apparats, wenn das Zubehör einmal vorhanden und gut zusammengepaßt worden, wenig Mühe und Zeitverlust.

Die Herleitung der überaus einfachen Formel $f = 12,4 \cdot T^2$ für die Berechnung der Brennweite aus der Umlaufzeit gestaltet sich ganz elementar, da der Hohlspiegel in Anbetracht der sehr geringen Depression als Kugelspiegel behandelt werden kann und sich auch wirklich so verhält.

Sei C , Fig. 2, ein Massenteilchen in der Oberfläche der um die Vertikalachse MB rotierenden Flüssigkeit, stelle $CE = mg$ seine Schwere, $CF = 4\pi^2 mCD/T^2$ die sogenannte Zentrifugalkraft dar, so ergibt sich aus den ähnlichen Dreiecken

$$MD : CD = mg : 4\pi^2 mCD/T^2$$

$$MD = g/4\pi^2 \cdot T^2 = 24,8 T^2.$$

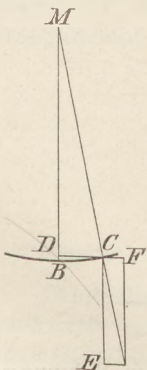


Fig. 2.

Da MD aber bei sehr kleinem CD gleich dem Radius MB wird, folgt

$$r/2 = 12,4 T^2.$$

Zum Schluß seien aus der großen Zahl der vom Verf. nach der beschriebenen Methode erhaltenen Zahlensätze die letzten drei mitgeteilt:

	t	n	T	$r/2$	b	a	f
1.	30	15,0	2,00	49,6	387	57,2	49,8
2.	30	27,8	1,08	14,4	387	14,6	14,1
3.	30	19,1	1,57	30,6	387	33,4	30,7

Versuch 1 wurde mit Wasser, die beiden andern mit Glyzerin ausgeführt. n bedeutet die in t Sekunden durch den Morseschreiber markierten Umläufe, woraus $T = t/n$ und $r/2 = 12,4 T^2$. — Der Abstand des Spiegels von der Zimmerdecke ist mit b , der vom Glühfaden mit a bezeichnet. Daraus berechnet sich die zugehörige Brennweite nach der Hohlspiegelformel $f = ab/a+b$.

Zwei Pendel für drei verschiedene Resonanzen.

Von

Prof. Dr. E. Maey in Remscheid.

Bei der erhöhten Bedeutung, die heute die Resonanzerscheinungen in allen Gebieten der Physik gewonnen haben, dürfte eine mechanische Erläuterung der Resonanz durch ein Pendelpaar wohl noch mehr als früher angebracht sein und auch schon viel Verbreitung gefunden haben, zumal auch schon in dieser Zeitschrift an mehreren Stellen¹⁾ mehr oder weniger einfache und zweckmäßige Einrichtungen solcher Pendel beschrieben worden sind. Wenn ich nun im folgenden noch einmal in Kürze eine solche Vorrichtung mitteile, so geschieht es, weil sie wohl alle anderen durch die Zahl der mit ihr anstellbaren Versuche übertrifft; dabei ist sie so einfach, daß sie jeder Physiker sich selbst herstellen kann. Ein Vergleich mit der Anordnung nach Oberbeck läßt leicht erkennen, inwieweit ich diesem Vorbilde gefolgt bin.

Einrichtung.

Da in den Abmessungen der Pendel ein weiter Spielraum besteht, so will ich die an meinem Pendelpaar vorhandenen Größen nur als ungefähren Anhalt für eine zweckmäßige Auswahl mitteilen.

1. Als pendelnde Massen dienen zwei ausrangierte Gewichtsstücke von 2 % und 3 %. Ob die Massen gleich oder ungleich sind, ist von keiner Bedeutung. Zum Aufhängen habe ich in den Kopf eines jeden einen Messingstab von 4 cm Länge und 4 mm Dicke geschraubt, der an seinem oberen Ende eine bis zu seiner Mitte reichende seitliche Kerbe hat, die als Haken dient, und darunter noch eine mit der Metallaubsäge eingeschnittene ringförmige Kerbe (s. Fig. 1).

2. Diese beiden Gewichte werden an zwei Drähten von 0,4 mm Dicke (am besten Stahldraht oder auch weicher Blumendraht), die an beiden Enden mit Ösen versehen sind, an einem festen, nicht wackeligen Gestell aufgehängt, damit die Schwingungen nicht durch das Gestell übertragen werden. Das Gestell trägt an seinem Querbalken zwei runde Messinghaken im Abstände von 20 bis 40 cm. Die Drähte haben ungefähr 90 cm Länge und sind so abgepasst, daß beide Pendel gleiche Schwingungsdauer haben; daher können die Drähte nur bei gleich hohen Gewichten auch gleich lang sein.



Fig. 1.

¹⁾ Oberbeck, diese Zeitschr. Bd. I (1888), S. 253; W. Holtz, diese Zeitschr. Bd. I (1888), S. 164; E. Grimsehl, diese Zeitschr. Bd. XIV (1900), S. 161.

3. Die Kuppelung der beiden Pendel geschieht ähnlich wie bei Oberbeck durch einen dünnen Faden, dessen beide Enden zu je einer Öse geknüpft sind, die leicht über die Messinghaken der Pendelmassen gestreift und in die ringförmigen Kerben hineingezogen werden können (Fig. 2). Der Faden muß etwa um $\frac{1}{8}$ länger sein als der Abstand der Pendel. Er wird gespannt durch Aufhängen eines kleinen Gewichts von etwa 3 g auf seine Mitte. Von der Größe dieses Gewichts hängt offenbar die gegenseitige Einwirkung der Pendel beim Schwingen ab; es muß so klein sein, daß nicht schon die erste Schwingung des erregenden Pendels eine allzu deutliche Einwirkung auf das zweite ausübt. Es darf aber auch nicht zu klein sein, weil sonst die Versuche zu lange dauern.

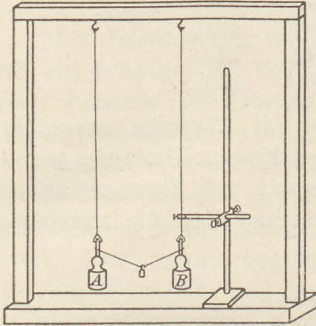
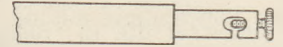
Fig. 2. ($\frac{1}{20}$ n. Gr.)

Fig. 3.

4. Um nun das eine Pendel auf andere Schwingungsdauer abstimmen zu können, benutze ich eine Schraubeklemme, wie sie an galvanischen Apparaten gebräuchlich ist (s. Fig. 3). Ich habe mit der Metalllaubsäge einen Schnitt von außen bis zum Loch gesägt, um auch nachträglich den Pendeldraht noch von der Seite in das Loch einführen zu können. Diese Klemme wird mit einem Halter an einem Stativ befestigt und kann nach Bedarf von dem oberen Ende des Drahtes, an dem das eine Pendel hängt, ein beliebiges Stück festlegen.

Versuche.

1. Man lasse beide Pendel gleich lang und bringe sie zu vollkommener Ruhe. Dann versetze man das eine Pendel *A* in Schwingungen senkrecht zur Verbindungslinie beider. Dabei darf die Schwingungsweite nicht so groß werden, daß der Faden der Kuppelung vollständig gestreckt wird. Das zweite Pendel *B* gerät durch den sanften Zug der Kuppelung allmählich in immer stärkere Schwingungen parallel zu denen von *A*, bis dieses alle seine Bewegungsenergie an *B* abgegeben hat. Dann kehrt sich der Vorgang um u. s. f.

2. Man verkürze das zweite Pendel *B* durch Abklemmen seines oberen Endes auf die oben beschriebene Weise um etwa $\frac{1}{3}$ seiner Länge. Dann versetze man das Pendel *A* genau wie unter 1. in Schwingungen. Auch jetzt gerät *B* in Schwingungen, die aber wieder nachlassen, bevor *A* seine Energie abgegeben hat. Dieser Vorgang wiederholt sich und stellt eine Art Schwebungen dar.

3. Man verkürze das Pendel *B* um etwa die Hälfte seiner Länge und versetze *A* genau wie vorher in Schwingungen. Auch jetzt gerät *B* wie unter 2. in Schwingungen; falls aber das den Faden spannende Gewicht klein genug ist, sind diese so gering und werden durch Schwebung so schnell wieder vernichtet, daß sie für den Fernstehenden nicht wahrnehmbar sind. *B* bleibt scheinbar in Ruhe!

4. Man verkürze das Pendel *B* auf genau $\frac{1}{4}$ seiner Länge, sodaß seine Schwingungsdauer die Hälfte der von *A* ist. *A* versetze man wieder in Schwingungen wie unter 1. Jetzt gerät *B* wieder in Schwingungen, aber in der Richtung der Verbindungslinie beider. Denn die Einwirkung in dieser Linie erfolgt bei jeder vollen Schwingung von *A* zweimal in gleicher Richtung, bewirkt also Resonanz nur dann, wenn *B* auf die halbe Schwingungsdauer von *A* abgestimmt ist.

5. Man verkürze durch Ausprobieren die Länge von *B* so, daß seine Torsionschwingungsdauer mit der Pendelschwingungsdauer von *A* übereinstimmt. Das ist bei einer Masse von 1 kg und 0,4 mm dickem Stahldraht etwa $\frac{1}{6}$ der Länge, bei gleich dickem, weichem Draht noch weniger. Dann versetze man *A* in Schwingungen

wie unter 1. *B* gerät jetzt nur in Torsionsschwingungen, die man durch senkrechte weiße Streifen am Pendelgewicht *B* gut sichtbar machen kann.

Mit den sonst beschriebenen einfachen Vorrichtungen pflegt man nur Versuch 1 anstellen zu können; mit der Ausführung nach Oberbeck sind die Versuche 1 bis 3 ausführbar. Die Versuche 4 und 5 sind durch die hier angegebene Einrichtung bedingt.

Ich glaube, gerade diese Versuche lassen es besonders deutlich hervortreten, daß die Resonanz nur bei einer gewissen Abstimmung auftritt.

Über die Bildung stehender Wellen in den Wandungen explodierender Gefäße.

Von

L. Wunder, Schloß Bieberstein i. d. Rhön.

1. Ein Glaskolben von $1\frac{1}{2}$ l Inhalt voll warmer Salmiaklösung, welcher von mir zur Darstellung von Chlorstickstoff benutzt wurde, explodierte und lieferte dabei außer einem Staub von kleinen Glassplittern eine größere Anzahl sehr langer Splitter, von welchen einige in Fig. 1 abgebildet sind. Das Auffallende an diesen Splintern ist, daß sie alle von gleicher Breite sind und daß sie sämtlich durch vertikale, parallele, vollkommen gerade Schnitlinien aus der Kolben-



Fig. 1.

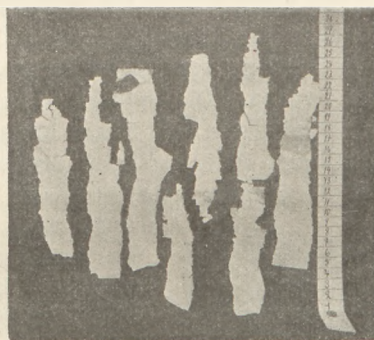


Fig. 2.

wandung getrennt sind. Auch die kleinen Splitter ließen deutlich erkennen, daß sie aus ebensolchen langen Spänen durch quere Zerreißen entstanden waren. Der Ton, welchen diese Explosion lieferte, war ein sehr hoher.

2. Um die Gefährlichkeit einer Mischung von chloresaurem Kali und pulverisiertem, gelben Phosphor zu zeigen, wurde aus einem Bogen Kanzleipapier ein Zylinder von etwa 10 cm Durchmesser und 21 cm Höhe gerollt, auf den Tisch gestellt und mit einer runden Scheibe Filtrierpapiers von 15 cm Durchmesser zugedeckt. Auf diese Scheibe wurden 5 g chloresaures Kali gehäuft und mit einer Lösung von etwa 2 g gelben Phosphors in wenig Schwefelkohlenstoff übergossen. Nach etwa 3 Minuten war der Schwefelkohlenstoff größtenteils verdunstet und die Papierscheibe entzündete sich in bekannter Weise am Rand. Als die Flammen das Kaliumchlorat erreichten, erfolgte eine sehr starke Explosion, deren Klang indessen von wesentlich tieferen Tönen herrührte, als etwa bei der Explosion des Jodstickstoffs oder des Azetylsilbers auftreten. Die Filtrierpapierscheibe wurde nach unten durchgeschlagen,

der Papierzylinder wurde der ganzen Länge nach in lauter gleichbreite Streifen zerrissen, von welchen einige auch noch quer zerrissen wurden (s. Fig. 2).

3. Ein dritter Versuch, der ähnliche Ergebnisse lieferte, sollte das sogenannte hydrostatische Paradoxon beweisen. Ein Säureballon wurde bis fast an die Mündung mit Wasser gefüllt, nachdem der Korb vorher entfernt worden war. Ein mit Pech getränkter Kork, durch welchen eine 4 m lange Glasröhre von 5 mm innerer Weite bis auf den Boden des Säureballons geführt war, wurde druckdicht mittels Drahtbindung in den Ballonhals gedrückt und durch eine Umgießung mit Alabastergips, welche nach dem Erhärten noch mehrmals mit heißem



Fig. 3.

Leinölfirnis getränkt wurde, absolut wasserdicht gemacht. Vorher war unter das untere Ende des Glasrohrs, dieses umschließend, ein starkwandiges Reagensgläschen gestellt worden. Nun wurde mittels eines kapillar ausgezogenen Trichters in die obere Öffnung der senkrechten Glasröhre, in der das Wasser bis etwa 2 m Höhe gestiegen war, Quecksilber eingefüllt, welches, im feinen Strahl herabrinnend, zunächst das Reagensröhrchen anfüllte. Dann stieg es im Glasrohr bis etwa 1,5 m Höhe. Als nun mit dem Hinzugießen des Quecksilbers aufgehört wurde, konnte man deutlich ein Auf- und Abschwanen der obersten Quecksilberkuppe im Glasrohr in rhythmischen Intervallen beobachten: die elastische Glaswand des Ballons „atmete“. Bei weiterem Zugießen von Quecksilber vergrößerte sich die Schwingungs-

amplitude auf etwa 10–12 cm. Bei einer durchschnittlichen Höhe von 2 m trat mit leisem Knacken die Katastrophe ein. Der ganze Ballon zerfiel in vertikale, parallele, gleichbreite Splitter, von denen einige auch quer zerbrachen. Halsstück und Boden blieben im Ganzen. Die Splitter waren 2–3 cm breit (s. Fig. 3).

Den Ergebnissen der bisher angeführten Versuche war gemeinsam die Bildung langer, vertikaler Splitter, deren Breite in der Weise von der Art der Explosion abhing, daß die Splitter umso schmäler ausfielen, je größer die Brisanz des Sprengstoffs war. Ich konnte mir die Gleichmäßigkeit dieser parallelen, vertikalen Risse nur durch die Annahme erklären, daß der Explosionsstoß, durch das Wasser nach allen Seiten gleich stark fortgetrieben, die elastische Glaswand zu Schwingungen in Form von stehenden Wellen veranlaßte. Die Knotenpunkte sämtlicher stehenden Wellen liegen vertikal untereinander auf der Mittellinie der entstandenen Glasstreifen. Die vertikalen Rißlinien sind demnach als Schwingungsbäuche aufzufassen.



Fig. 4.

Um die Theorie zu prüfen, zersprengte ich mit Hilfe von Knallgasexplosionen eine größere Anzahl wassergefüllter Säureballons, Kochflaschen und größerer Bechergläser (von 2 l Inhalt) (vgl. Fig. 4 u. 5). Das explosive Gemisch von Wasserstoff und Sauerstoff befand sich bei allen Versuchen in dem gleichen Eudiometerrohr von 300 cm Inhalt und wurde mittels eingeschmolzener Platindrähte durch Induktionsfunken entzündet. Dabei konnten eine Reihe von Beobachtungen gemacht werden, die allgemeines Interesse haben dürften. Schon vor Jahren war mir bei Versuchen



Fig. 5.

mit dem Eudiometer aufgefallen, daß manchmal die gläserne pneumatische Wanne zerplatzte, selbst wenn sie recht dickwandig war. Bei einem dieser Versuche bekam eine zylindrische pneumatische Wanne von 6 mm Wandstärke einen vertikalen Riß, obgleich das Eudiometerrohr von kaum 1 mm Wandstärke unversehrt blieb. In einem andern Fall sprang aus der Bodenkante einer zylindrischen Wanne ein Stück von 2 cm Dicke heraus. Indessen waren dies Ausnahme-Ergebnisse, da in der Regel Eudiometer und Wanne ganz blieben. Durch die neueren Versuche konnte ich nun feststellen, daß die Zertrümmerung stets dann eintritt, wenn das Eudiometer tief in das Wasser hineinragt. In allen anderen Fällen erfolgt bloß ein Herausschleudern des Wassers, oft bis an die Zimmerdecke. Eine weitere Voraussetzung ist, daß das Eudiometerrohr fest in ein starkes Stativ eingespannt wird. Sind diese Bedingungen erfüllt, so braucht das mit Wasser gefüllte Glasgefäß keineswegs oben verschlossen zu werden; eine weite, pneumatische Wanne, ein großes Becherglas werden mit derselben Sicherheit zertrümmert wie eine enghalsige Flasche. Die Erklärung ist zweifellos in dem Trägheitswiderstand der auf der Wasseroberfläche lastenden Luft zu suchen. Sie verhält sich gegenüber einer Explosion von hoher Geschwindigkeit als starrer Körper, während die eigentlich starren Körper von der Art des Glases zertrümmert werden. In diesem Sinn eignet sich dieser Versuch sehr gut für die Demonstration des Trägheitswiderstandes der Luft. Chemiker dürfen daher bei Versuchen mit dem Eudiometer dieses nicht tief eintauchen, wenn ihnen die pneumatische Wanne lieb ist.

Die verwendeten Explosionsmischungen bestanden in den meisten Fällen aus 120 ccm Wasserstoff und 170 ccm Sauerstoff, da stärkere Mischungen wiederholt das Eudiometer zertrümmerten. In drei solchen Fällen bewirkte die stärkere Explosion zugleich die Entstehung schmalerer Glasstreifen, als bei Verwendung weniger brisanter Mischungen. Ferner zeigte sich, daß dickwandige Gläser in breitere Streifen zerfielen als dünnwandige. Der Papierzylinder in dem oben erwähnten Versuch Nr. 2 hatte an einer Seite infolge der übereinander liegenden Enden die doppelte Dicke. Durch die Explosion bildeten sich an dieser Stelle Streifen von doppelter Breite.

Alle diese Beobachtungen scheinen mir im Sinne meiner Theorie zu sprechen.

Es schien mir notwendig, zu untersuchen, warum die Spaltungsrisse sämtlich vertikal verliefen. Diese Richtung konnte entweder mit der vertikalen Stellung des Eudiometerrohrs zusammenhängen, oder es konnte an einen Einfluß der Schwerkraft gedacht werden. Um die Frage zu entscheiden, wurden große Kolben und zylindrische Glasflaschen mit engem Hals in horizontaler Stellung zur Explosion gebracht, nachdem das mit einem leichten Plastilinaklumpem verschlossene Eudiometerrohr mittels Plastilina möglichst leicht in den Hals der wassergefüllten Flaschen eingedichtet worden war. Das Ergebnis der weitaus heftigeren Explosion war eine ungeheure Anzahl dicht benachbarter, paralleler, horizontaler Risse in der Hals- und Bodengegend, während die dünne Mittelzone der Flaschen von einigen parallelen, aber bedeutend weiter voneinander abstehenden Rissen in der Vertikalebene umschnürt war. Demnach scheint der Schwerkraft nur ein geringer Einfluß inne zu wohnen. Rätselhaft bleibt vorläufig die Umsetzung des aus dem Rohr kommenden Explosionsstoßes in ein System stehender Wellen, deren Schwingungsrichtung senkrecht auf der Richtung des Explosionsstoßes steht. Die Natur des flüssigen Zwischenmediums, das vielleicht Wirbel nach Art der Rauchringe bildet, dürfte dafür von Bedeutung sein.

Über den Fresnelschen Interferenzspiegel und eine zuverlässige Form desselben.

Von

Dr. Wilhelm Volkmann in Charlottenburg.

Der Fresnelsche Interferenzspiegel hat die sehr unbequeme Eigenschaft, daß er schon bei äußerst geringen Fehlern der Plattenstellung versagt. Solche Fehler haben entweder die Folge, daß die Streifen in einer ganz anderen Richtung verlaufen, als man anzunehmen pflegt, nämlich mehr oder weniger gegen die Trennungslinie der Spiegel geneigt, oder daß sie überhaupt nicht mehr zustande kommen, indem ihr berechneter Ort außerhalb des Lichtbündels liegt.

Allen diesen Schwierigkeiten entgeht man bei dem Michelsonschen Interferenzspiegel, für den ich (d. Zeitschr. *XXII*, 94, 1909) eine sehr einfache Form vorgeschlagen habe, denn dieser Spiegel ist völlig zuverlässig. Er hat aber den Nachteil, daß er, wenigstens in der angeführten einfachen Form nur schlecht für objektive Darstellung der Erscheinung verwendbar ist. Aus diesem Grunde wird man doch immer wieder auf den Fresnelschen Spiegel zurückgreifen, wenn man auch gern den Michelsonschen benutzen wird, um überhaupt erst einmal die Interferenzstreifen zu sehen, damit man nicht in Gefahr bleibt, Beugungsstreifen dafür zu halten.

Bei den gebräuchlichen Formen des Fresnelschen Apparates ist die Lage der Spiegel entweder von der Geschicklichkeit des Mechanikers abhängig und kann nachträglich nicht berichtigt werden, oder es ist eine Anzahl von Korrektionschrauben vorhanden, deren erfolgreiche Handhabung ein großes Maß von Geduld voraussetzt und deren Anbringung den Preis sehr erhöht. Seit längerer Zeit suche ich nach einer Bauweise für den Apparat, die bei bequemer Handhabung die Bürgschaft für eine richtige Lage der Spiegel bietet und bin neuerdings auf eine recht einfache Lösung dieser Aufgabe gekommen.

Der neue Interferenzspiegel ist in Fig. 1 dargestellt. Von einer Messingplatte sind zwei breite einander gegenüberliegende Ränder rechtwinklig umgebogen. An den einander zugekehrten Wänden der so gebildeten Hohlsciene sind zwei kurze Zylinder festgeschraubt, so daß ihre Achsen zusammenfallen. Gegen diese Zylinder, die genau gleichen Durchmesser haben, lehnen sich von hinten her die beiden Spiegel

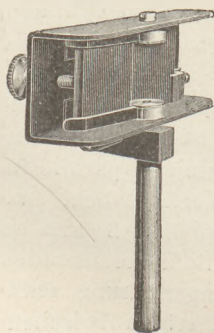


Fig. 1.

an. Ihre Trennungskante berührt die Zylinder, und es kommt nur darauf an, daß diese Berührung an der rechten Stelle erfolgt, dann steht keine der Platten vor der anderen vor. Die einzige Berichtigungsschraube des Spiegels dient dazu, diese Bedingung zu erfüllen. Von hinten her werden die Platten durch Blattfedern gegen die Zylinder gedrückt. Dabei legt sich die rechte Platte mit dem Außenrande an eine Nase, die ihre Stellung sichert, der Außenrand der andern Platte aber wird durch zwei Blattfedern zurückgehalten und gegen die Schraube gedrückt, die zur Verstellung dieses Spiegels dient. Bei der Änderung des Winkels, den die beiden Platten miteinander bilden, rollt die linke auf dem Zylinder etwas ab. Dadurch wird natürlich ihr innerer Rand um ein wenig hinter den Innenrand der anderen Platte zurücktreten und zwar um so mehr, je größeren Durchmesser der Zylinder hat. Bei den gewählten Abmessungen führt diese Verschiebung aber noch nicht zu einer merklichen Störung der Erscheinung.

Will man die Interferenzstreifen subjektiv beobachten, so stellt man den Spiegel etwa 50 cm von einer geeigneten Lichtquelle, etwa einer elektrischen Glühlampe mit

gespanntem Faden, auf und beobachtet aus etwa 50 cm Entfernung mit Hilfe einer schwachen Lupe. Eine Plankonvexlinse von 6 cm Brennweite ist recht geeignet. Hält man das Auge dicht an die Linse, so übersieht man nur ein sehr kleines Feld. Es ist deshalb zweckmäßig, das Auge ein Stück weit von der Linse zu entfernen oder noch besser in dem günstigen Abstand eine 4 mm große Blende als Schauloch anzubringen. Am bequemsten läßt man das Licht ziemlich flach auf den Spiegel fallen, unter einem Winkel von 5 bis 10 Grad, aber ja nicht etwa streifend, wie oft angegeben wird, denn dann würde man in empfindlichster Weise durch die Beugung an den Spiegelkanten gestört werden und ein recht unreines Bild der Erscheinung erhalten. Je besser der Spiegel ist, um so leichter gelingt es auch bei steilerem Einfall des Lichtes die Streifen zu finden, man wird sie aber so gut wie immer schräg gegen die Trennungskante beider Spiegel gelagert finden und sie durch ein Schrägkippen des Spiegels in entgegengesetzter Richtung wesentlich schärfer bekommen. Nach jeder Veränderung der Spiegelneigung findet man auch eine neue Verstellung der Spiegelkante gegen den Lichtfaden nötig. In allen diesen Fällen liegt zwischen einer der Spiegelecken und dem sie stützenden Messingzylinder ein Stäubchen. Es möge das in der Fig. 2 bei den beiden unbezeichneten Ecken der Fall sein, oder, um es herbeizuführen, wollen wir geradezu an diesen Ecken ein feines Blättchen Seidenpapier unterschieben, was leicht zu machen ist, nachdem man den Spiegel mit einem saubern Hölzchen ein wenig zurückgedrängt hat. Dann stehen also die mit a bezeichneten Ecken ein wenig über die anderen heraus, die Spiegelebenen durchschneiden sich in der Linie bb und diese stellt sich um so schräger gegen die Schnittkante, je flacher der Winkel zwischen den Spiegeln wird. Dieser Linie aber muß die Lichtquelle parallel stehen.

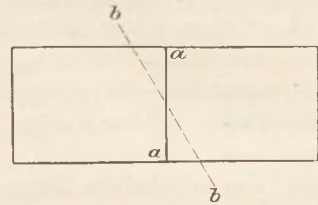


Fig. 2.

Einfacher wird die Beobachtung dieser Erscheinungen, wenn man sich nicht einer fadenförmigen, sondern einer punktförmigen Lichtquelle bedient, weil dann jedes Ausrichten der Spiegelkante überflüssig wird. In diesem Fall hat der durch Einschieben der Papierstückchen absichtlich verdorbene Spiegel sogar einen gewissen Vorteil. Man sieht nämlich gleichzeitig mit den Interferenzstreifen, aber in anderer Richtung, die von den Spiegelkanten herrührenden Beugungsstreifen, kann beide gut voneinander trennen und unterscheiden lernen. Fig. 3 zeigt nach einer Handzeichnung den ungefähren Anblick, den man durch die Lupe hat. Rund um das Bild ziehen sich kreisförmige Beugungsstreifen, die von einer mit der Lupe verbundenen, das Gesichtsfeld begrenzenden Blende herrühren und je nach der benutzten Lupe sehr verschieden ausfallen werden; sie sind für uns nebensächlich. Die senkrechten verwaschenen Streifen rühren von den sich mehr oder weniger überdeckenden Beugungen an den beieinander liegenden Spiegelkanten her. Sie ändern ihr Aussehen mit der Veränderung des Winkels zwischen den Spiegeln, weil dadurch die Überdeckung verschoben wird. Schräg zu diesen Streifen liegen die sehr scharf begrenzten Interferenzstreifen, und zwar um so mehr gegen die ersteren geneigt, je flacher der Winkel zwischen den Spiegeln wird, zugleich auch um so breiter. Arbeitet man mit fadenförmiger Lichtquelle, so muß sie der Richtung dieser Streifen parallel

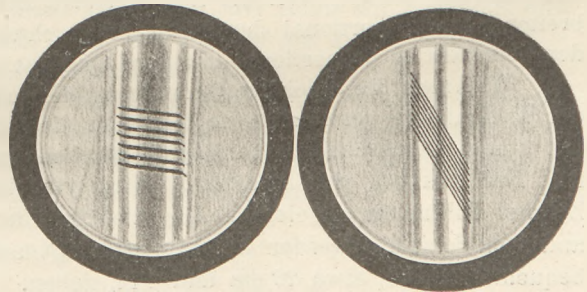


Fig. 3.

gestellt werden, also, wie man aus der Figur sieht, unter Umständen fast senkrecht zu der Stellung, die man zunächst für die richtige halten möchte.

Es sei für diese Versuche auf ein einfaches Verfahren hingewiesen, sich eine punktförmige helle Lichtquelle mit einfachen Mitteln zu verschaffen. Man nimmt einen Faden von einem nicht abgebrannten Glühstrumpf; er hat vom Stricken her eine krause Gestalt. Diesen Faden bindet man mit dem einen Ende an einen irgendwo befestigten Draht und knüpft in das andere Ende als Belastung ein 5 bis 10 mm langes Stückchen Blumendraht. Wird der Faden nun abgebrannt, so wird er bedeutend kürzer, streckt sich gerade, und beim Ausglühen in einer kleinen Spiritusflamme dreht er, der als Baumwolle gezwirnt war, sich um mehrere Windungen zurück. Den so vorbereiteten Faden bricht man ab und legt ihn auf ein horizontales Brettchen, so daß er etwa 5 mm über die Kante ragt. Damit er nicht wegfliegen kann, wird er noch mit einem Brettchen belastet und nun kann die Spitze des vorragenden Endes mit einem Gas- oder Spirituslämpchen in helle Glut versetzt werden. Als fadenförmige Lichtquelle ist der Faden, solange er mit Draht belastet abwärts hängt, gut verwendbar.

Zur objektiven Darstellung der Interferenzstreifen stellt man am besten ohne irgend welche Sammellinsen folgendermaßen auf. Möglichst nahe einer Bogenlampe von 5 bis 10 Amp. Stromverbrauch stellt man einen in der Breite verstellbaren Spalt. In 20 cm Abstand kommt der Interferenzspiegel so, daß er ziemlich flach, aber noch keineswegs streifend vom Licht getroffen wird; es genügt, wenn sein mittlerer Teil Licht erhält. Den Schirm stellt man zunächst in etwa 50 cm Abstand, damit man am Spalt und Spiegel regulierend die Streifen bequem sehen kann. Nachdem man die Streifen gut erhalten hat, vergrößert man sie, indem man mit dem Schirm beliebig weiter abrückt. Eine sehr große Ausdehnung kann man ihnen auf diese Weise nicht geben; sie lassen sich aber bei mäßigem Schirmabstand sehr groß und dabei für einen mittelgroßen Hörsaal hell genug darstellen, wenn man mitten zwischen Spiegel und Schirm eine starke konkave Zylinderlinse bringt. Die Streifen werden hierbei lichtstärker, als wenn man die gleiche Größe der Interferenzfigur durch weiteren Abstand des Schirmes erzielt, weil die Zylinderlinse das Licht nur nach den Seiten hin ausbreitet, also proportional der Entfernung schwächt, während bei größerem Abstand des Schirmes es proportional mit dem Quadrat der Entfernung abnimmt.

Will man die objektive Darstellung der Interferenzstreifen zu einer Bestimmung der Wellenlänge verwenden, so läßt man die Zylinderlinse weg und fängt die Streifen mit einem durchscheinenden Papierblättchen auf, das über eine Glasskale gespannt ist. Der Abstand der Streifen D wird von hinten her, etwa mit einer Lupe auf Zehntel Millimeter abgelesen. Die Abstände der mittleren Spiegelkante vom Spalt a und vom Schirm A werden auf 1% genau gemessen; man wird ihnen von vornherein bequeme Größen, etwa 20 cm und 4 m, geben. Darauf stellt man, ohne den Spiegel zu berühren, zwischen ihn und den Spalt eine Linse von 10 bis 12 cm Brennweite, am besten ein kleines Fernrohrobjektiv, und bildet damit den Spalt über die beiden Spiegel weg in zwei Bildern ab, die den Abstand S voneinander haben. Dann ist der Abstand der beiden virtuellen Spaltbilder, der beiden Quellen kohärenten Lichtes, voneinander

$$d = \frac{S \cdot a}{A}$$

und die Wellenlänge

$$\lambda = D \frac{d}{A + a}.$$

Der Spiegel wird von der Firma Leppin & Masche, Berlin S 16, Engelufer 17, in den Handel gebracht, die auch die übrigen genannten Hilfsmittel liefert.

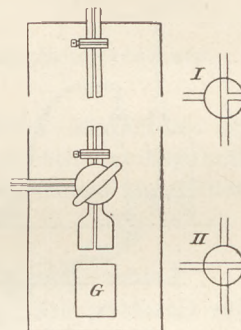
Kleine Mitteilungen.

Die endgültige Form des Umkehr-Volumeters zur Raumbestimmung kleiner Körper.

Von Dr. A. Wendler in Erlangen.

Die Firma E. Leybolds Nachfolger, Köln, Brüderstraße 7, hat in dankenswerter Weise die Konstruktion des Apparates übernommen und ihm die für den Gebrauch günstige Form gegeben, wie sie in beistehender Figur skizziert ist.

Die eine Millimeterteilung tragende etwas über 1 m lange Meßröhre (äußerer Durchmesser ungefähr 5 mm) ist fest an einem zur Aufhängung dienenden Brett montiert, kann also mit diesem umgekehrt werden. Sie endet unten in einem Dreiweghahn, der in Stellung *I* die Verbindung der Röhre mit dem unten anzusteckenden Gefäß *G*, in der Stellung *II* dagegen den Abschluß der Meßröhre und die Verbindung des angesteckten Gefäßes mit der Außenluft bewirkt. Der Abschluß oben, der, ohne luftdicht zu sein, nach Umkehrung der Röhre das Auslaufen des Quecksilbers verhindern soll, wird künftig durch eine aus Hartgummi hergestellte Vorrichtung¹⁾ erreicht im Gegensatz zu der ursprünglichen primitiveren Anordnung z. B. eines übergesteckten, das Wattebäuschchen anpressenden Gummistopfens.



Die Benutzung des Apparates wird nach den früheren Beschreibungen (diese Zeitschr. XXII, 1909, 4. Heft und XXIV, 1911, 1. Heft) sich von selbst ergeben. Zur Einbringung des Quecksilberfadens in die Meßröhre gießt man ein wenig Quecksilber in das Gefäß *G*, steckt dieses bei Hahnstellung *I* an und kehrt um.

Bei Ausführung einer Messung bringt man (Hahnstellung *I*) den Quecksilberfaden an den Hartgummiverschluß, stellt jetzt den Hahn auf *II* und kehrt wieder um. Jetzt erst wird das Gefäß mit seinem Inhalt angesteckt, der Hahn auf *I* gestellt und die Verschiebung des Fadens gemessen. Daß die Schliche am Hahn und Gefäß *G* einzufetten sind (optischer Kontakt!) versteht sich von selbst.

Endlich sei noch darauf hingewiesen, daß der Apparat nach Art der Meldeschen Röhre zur Prüfung des Mariotteschen Gesetzes benutzt werden kann, indem man (Hahnstellung *I*) den Faden ungefähr in die Mitte bringt, absperrt (Hahnstellung *II*) und dann die Röhre in einen und anderen Sinn vertikal stellt.

Apparat zum Nachweis des Pascalschen Gesetzes der Druckfortpflanzung bei Gasen.

Von G. Kemna in Lüttich.

Es gibt meines Wissens keinen physikalischen Apparat, mit dem man treffend nachweisen kann, daß die Folge des Pascalschen Gesetzes sowohl bei Gasen wie bei Flüssigkeiten angewandt werden kann. Ich habe es oft bestätigt gefunden, daß folgender Versuch auf die Schüler einen großen Eindruck macht und daß er sehr geeignet ist, sie von der Wichtigkeit des Gesetzes zu überzeugen.

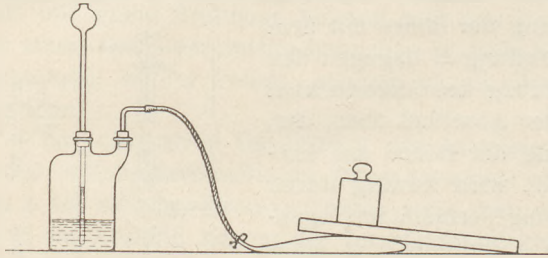
Eine große Woulffsche Flasche wird mit einer Trichterröhre versehen, die fast bis auf den Boden der Flasche reicht. Dann bringt man noch eine Ausflußröhre an.

¹⁾ Diese Vorrichtung ist in der Figur weggelassen, da die bequemste Form erst noch ausprobiert werden soll.

An dieser ist ein Gummischlauch befestigt, durch den die Flasche mit einem Gummisack von ungefähr einem Liter Inhalt verbunden ist.

Der fast ganz von Luft entleerte Sack wird auf den Tisch gelegt und mit einem 40 bis 50 cm langen Brettchen so bedeckt, daß nur das eine Ende des Brettchens den Sack, das andere Ende den Tisch berührt. Auf das Holz stellt man ein Gewicht von einem Kilogramm oder ein mit einem Liter Wasser gefülltes Gefäß. Das Gewicht muß so gestellt werden, daß sein Schwerpunkt senkrecht über der Mitte des Sackes liegt.

Durch den Trichter der Sicherheitsröhre gießt man mit Fuchsin oder einem anderen Farbstoffe gefärbtes Wasser in die Flasche. Sobald das untere Ende der Röhre durch das in die Flasche gegossene Wasser geschlossen ist, beginnt der Sack



zu schwellen, indem er das Brettchen und das Gewicht hochhebt. Er-sichtlich ist, daß die 1 Kilo große Kraft des aufgehobenen Gewichts in Gleichgewicht gehalten wird durch das geringe Gewicht der sehr kleinen Wassersäule (nur einige Gramm), welche sich in der Röhre über der Oberfläche des Wassers in der Flasche befindet.

Leider ist es nicht möglich, mit diesem Versuch, in Rücksicht auf die Erklärung des Gesetzes, sehr genaue Resultate zu erzielen. In der Tat, mißt man einerseits den Querschnitt der Röhre, andererseits die Größe der Fläche, durch welche der Gummisack mit dem Brettchen in Berührung kommt, berechnet man weiter das Gewicht der kleinen Wassersäule, so findet man, daß diese Säule kleiner ist als das Verhältnis zwischen Kraft und Fläche es fordert. Bei diesem Berechnen muß man dem Gewichte (1 Kilo) einen der Lage entsprechenden Teil des Gewichts des Brettchens zufügen. Dieser Unterschied rührt daher, daß durch die Anschwellung des Ballons dessen Wände sich senkrecht aufrichten, indem sie eine gewisse Starrheit bekommen und eine größere aufwärtsgerichtete Widerstandskraft bieten. Diese Widerstandskraft kommt dem Druck der Luft zu Hilfe, um das Gewicht gehoben zu halten. Die Wassersäule der Flasche trägt also desto weniger dazu bei, je mehr der Sack aufgeblasen ist.

Damit die Berechnung leichter auszuführen sei, lege man das Brettchen möglichst im Gleichgewicht auf den Sack, so daß keines seiner Enden den Tisch berührt und eine sehr geringe und momentane Unterstützung es eine kurze Zeit in wagerechter Stellung halten kann. In diesem Falle muß sein ganzes Gewicht dem aufgelegten Gewichte zugefügt werden. Der numerische Versuch fällt am besten aus, wenn man einen Sack verwendet, der an jeder Seite eine tiefe, der Länge nach laufende Falte bietet, so daß die Anschwellung geschehen kann, ohne die Seitenwand zu viel aufzurichten.

Um die kleine Wassersäule genau messen zu können, verwendet man vorzugsweise eine in Zwanzigstel cm^3 geteilte Trichterröhre. Diese Gradeinteilung kann man leicht selbst herstellen. Die Durchschnittsfläche der Röhre findet man, indem man diese mit Wasser füllt, seine Länge mißt, die Wassermenge abwägt und die Grammzahl durch die Länge in cm teilt.

Den Umfang der nicht immer regelmäßigen Fläche, welche mit dem Sack in Berührung steht, zeichnet man mit einem Bleistift auf das Brettchen und überträgt ihn dann auf ein Blatt Millimeterpapier. So ist es leicht, die Größe der Fläche, auf welche der Druck sich fortpflanzt, annähernd in cm^2 abzumessen.

Aus einem so ausgeführten Versuch haben sich folgende Resultate ergeben:

Gesamtgewicht auf den Sack drückend	1500	g
Gewicht der die Röhre füllenden Wassermenge	5,4	g
Länge der Röhre	40	cm
Gewicht für 1 cm Wasserhöhe in der Röhre	$5,4 : 40 = 0,135$	g
Durchschnittsfläche der Röhre	0,135	cm ²
Wirksame Fläche des Sackes mittels Millimeterpapier gemessen	214	cm ²
Wassersäule in der Röhre vor dem Versuche	1	cm
Wassersäule in der Röhre während des Versuches	8,3	cm
Wirksame Wassersäule	7,3	cm
Gewicht dieser Säule	$7,3 \times 0,135 = 1$	g

Die Berechnung gibt für das auf den Sack drückende Gewicht 1585 g anstatt 1500 g.

Neuer Apparat zur Demonstration des Boyle-Mariotteschen Gesetzes.

Von Prof. Dr. G. Holle in Bremerhaven.

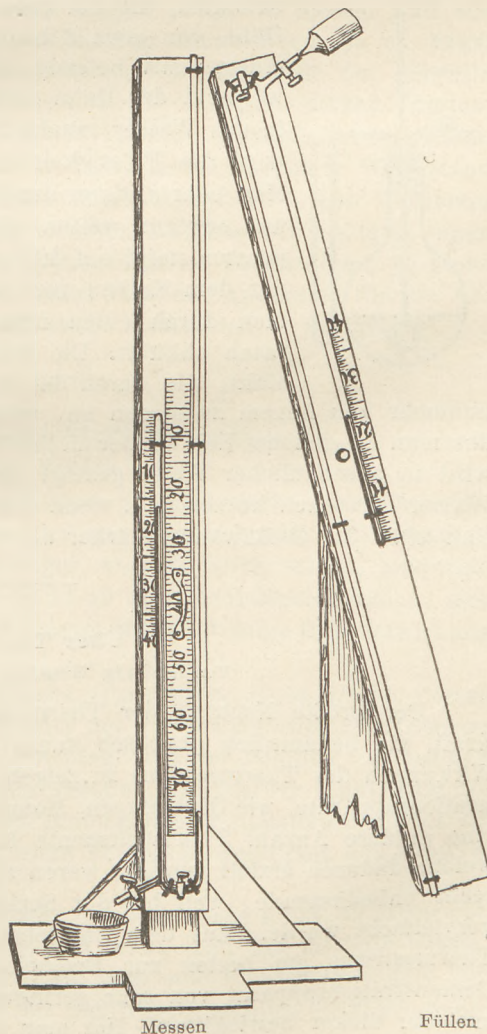
Da die vorhandenen Apparate meine Wünsche bezüglich Einfachheit und Leichtigkeit der Handhabung bei Erzielung sicherer und übersichtlicher Ergebnisse nicht befriedigten, habe ich, zunächst für unsere Anstalt, den nebenstehend abgebildeten Apparat konstruiert. Er fand bei den Fachgenossen so viel Anklang und hat sich so gut bewährt, daß ich mich veranlaßt sehe, ihn weiteren Kreisen zugänglich zu machen. Herr Dr. Ullhorn, Bremerhaven, hat es übernommen, ihn in den Handel zu bringen; von ihm ist er zum Preise von 30 M zu beziehen. (D.R.G.M. 454049.) Ich sehe die Vorzüge des Apparates, abgesehen von seinem billigen Preise, in folgenden Punkten:

1. Vermeidung von Hähnen am Luftraum, die bei Über- oder Minderdruck leicht Undichtigkeit zeigen, eingefettet unter dem Quecksilber aber dichthalten. Die Besonderheit liegt in dem Verbindungshahn der beiden Schenkel, zusammen mit der Umkehrbarkeit des ganzen Apparates.

2. Vermeidung von Gummischläuchen, die mit der Zeit brüchig werden und den Schülern den Zusammenhang des Quecksilbers verdecken.

3. Leichte Füllung des Apparates unter möglichster Vermeidung von Luftblasen bei schräger Stellung und Abschließung einer bestimmten, etwa 7 Längen-Zentimeter einnehmenden Luftmenge zwischen den Hähnen. Die abgeschlossene Luft wird durch langsames Umkehren des Apparates vor den Augen der Schüler in den geschlossenen Schenkel übergeführt.

4. Derselbe Raum kann ebenso leicht vor den Augen der Schüler mit jedem anderen Gase gefüllt werden.



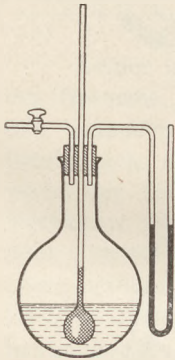
5. Nach Öffnung des Verbindungshahnes kann beim allmählichen Füllen des offenen Schenkels die Volum-Verminderung beobachtet, wie hinterher beim Ablassen des Quecksilbers ein allmählicher Übergang von 2 Atm. bis auf $\frac{1}{4}$ Atm. erzielt und an jeder beliebigen Stelle zum Zweck der Messungen unterbrochen werden.

6. Bei dieser Messung wird auch für Drucke unter 1 Atm. jede Subtraktion zweier Ablesungen des Quecksilberstandes und damit die bei den Schülern leicht mögliche Verwirrung mit der Ablesung des Luftraumes vermieden. Der dabei angewandte, zwischen die Röhren passende Maßstab von 80 cm Länge wird für Minderdrucke in umgekehrte Lage gebracht und auf den jeweiligen Barometerstand eingestellt.

Nachweis, daß der Siedepunkt des Wassers mit dem Drucke sinkt.

Von Prof. C. Zenghelis in Athen.

Ein zwei Liter fassender Rundkolben (s. Figur) wird mit dreimal durchbohrtem Gummipfropfen versehen. Durch die drei Bohrungen gehen ein Hahnrohr, ein offenes Manometer und ein langes Thermometer. Das Thermometer besteht aus einer Kugel und einem offenen, langen, nicht zu engen Rohr. In der Kugel des Thermometers und etwa 1 cm über derselben ist eine Lösung von gefärbtem Wasser und 3% Alkohol



enthalten, die bei etwa 97° siedet. Die Flasche wird bis zu einer Höhe von etwa 6 bis 7 cm mit Wasser angefüllt, das Ganze auf einem Stativ befestigt und auf einem Sandbad gleichmäßig erwärmt, während der Hahn *a* offen bleibt, und die Thermometerkugel ganz in das Wasser taucht. Wenn die Temperatur auf 97° gestiegen ist, wird die Flüssigkeit in der Kugel zum heftigen Sieden gebracht: Man hebt alsdann durch Ziehen das Thermometer über das Wasser und erwärmt weiter. Bald fängt das Wasser zu siedean, die Temperatur steigt auf 100° . In diesem Moment entfernt man das Stativ mit dem Kolben von dem Feuer und schließt den Hahn, während man durch einen nassen Schwamm die obere Wand des Kolbens rasch abkühlt: Die Wasserdämpfe verdichten sich, und der Druck sinkt, wie durch das Manometer zu ersehen ist. Das Wasser fängt

nunmehr von neuem zu siedean, während die Flüssigkeit in dem Thermometer, das man zu gleicher Zeit wieder in das Wasser eintaucht, nicht mehr siedet. Dadurch wird in anschaulicher Weise gezeigt, daß die Temperatur tiefer als 97° liegt. Das Wasser hört nach kurzer Zeit, wenn man den Kolben weiter abkühlt, zu siedean. Man kühlt die Gefäßwände stärker ab, und das Wasser fängt wieder an zu siedean.

Über Thermoelemente.

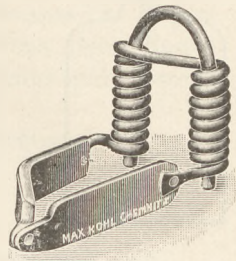
Von Ludwig Wunder, Schloß Bieberstein i. d. Rhön.

Der größte Nachteil der Thermoelemente ist ihre geringe elektromotorische Kraft, die bekanntlich praktisch kaum über $\frac{1}{20}$ Volt zu steigern ist. Um daher die Wirkungen des Thermostroms zu zeigen, pflegte man bisher, da die meisten Demonstrationsapparate, wie Glühlampen, Motoren usw. für höhere Spannungen gebaut sind, eine größere Anzahl Thermoelemente hintereinander zu schalten. Die Wirkungen, welche dadurch erzielt wurden, waren aber selbst bei der Gülcherschen Thermosäule recht unbedeutende, weil bei der Serienschaltung zugleich der innere Widerstand vervielfacht wurde. Aus dem Ohmschen Gesetz geht hervor, daß die Eigenart des Thermostroms am besten zur Erscheinung gebracht werden könnte durch einen Demonstrationsapparat von sehr geringem Widerstand, z. B. einen Elektromagneten mit sehr dicker Bewicklung. Hat man z. B. ein Eisen-Neusilber- oder Eisen-Nickel-

Element von etwa $\frac{1}{20}$ Volt Klemmenspannung und $\frac{1}{500}$ Ohm Widerstand, so muß durch einen Elektromagneten von gleichem Widerstand, der mit den Enden des Elements verbunden ist, eine Stromstärke fließen von

$$J = \frac{\frac{1}{20}}{2 \times \frac{1}{500}} = 12\frac{1}{2} \text{ Ampere.}$$

Eine solche Stromstärke erzeugt, selbst wenn nur wenige Amperewindungen vorhanden sind, ein recht bemerkbares Kraftlinienfeld. Ich habe zum Beweis der Richtigkeit dieses Gedankengangs das hier abgebildete Thermo-
element mit angeschlossenem Elektromagneten gebaut, dessen Vertrieb die Firma Max Kohl in Chemnitz übernommen hat. Die Wicklung des Magneten besteht aus blankem, 10 mm starkem Rundkupfer, das wegen der sehr geringen Spannung des Eisen-Neusilber-Elementes durch die Oxydschichte des Eisenkerns genügend isoliert ist. Wenn die (hartgelötete) Lötstelle des Elementes in einer Bunsenflamme erwärmt wird, so trägt der Magnet einen schweren Hausschlüssel.



Da der innere Widerstand des Elementes durch die Wahl dickerer Metallstücke beliebig verringert werden kann, da auch die Konstruktion eines Magneten von geringerem Widerstand keine Schwierigkeiten macht, so können diese Wirkungen noch erheblich gesteigert werden. Es ist nicht einmal nötig, in diesem Fall zur Erwärmung der Lötstelle eine stärkere Heizvorrichtung anzuwenden, da es längst bekannt ist, daß die Spannung eines Thermoelements von der Größe der Lötstelle ganz unabhängig ist. Man kann also ganz gut die Lötstelle eines ganz dicken Thermoelements so dünn feilen, daß sie in einer kleinen Flamme erwärmt werden kann. Man muß nur darauf achten, daß der durch das Erwärmen vergrößerte Widerstand der Lötstelle nicht in einem Mißverhältnis zum Widerstand des übrigen Elementes steht. Wollte man sich mit der nicht uninteressanten Aufgabe beschäftigen, einen Motor für die niedrige Spannung eines Thermoelements zu konstruieren, so käme dafür vielleicht das Prinzip des Barlowschen Rades bzw. des Apparates für die Abstoßung stromdurchflossener Leiter durch magnetische Kraftlinien in Betracht.

Eine Quecksilber-Reibungselektrisierungsmaschine.

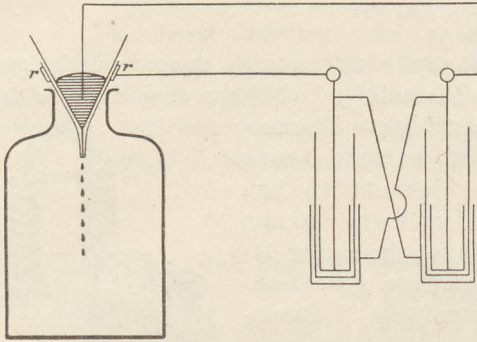
Von **H. Wiesent** in München.

Es ist bekannt, daß Quecksilber durch Reiben an Glas stark elektrisch wird. Läßt man z. B. Quecksilber durch einen Trichter aus gewöhnlichem Filtrierpapier, der selbst wieder in einem Glastrichter mit enger Ausflußöffnung steckt, hindurchfiltrieren und nähert man der aus dem Rückstande an der Quecksilberoberfläche sich bildenden Haut einen Finger, so wird sie von diesem lebhaft infolge Influenzwirkung angezogen.

Taucht man in das im Trichter befindliche Quecksilber einen Draht, dessen anderes Ende mit einem Goldblattelektroskop oder mit dem Braunschen Elektrometer verbunden ist, so erhält man einen starken Ausschlag. Bei der Prüfung der Ladung erweist sich diese — wie ja zu erwarten — als negativ. Die positive Elektrizität des Glases kann man unter Benutzung der bei den Reibungselektrizitätsexperimenten oft so störend wirkenden Wasserhaut des Glases leicht abfangen, wenn man den Trichter mit einem Stanniolpapierring außen umgibt.

Wenn man nur dafür sorgt, daß der Prozeß des Filtrierens nicht unterbrochen wird, was sich ja ohne Kostenaufwand machen läßt, wenn man das filtrierte Quecksilber immer wieder in den Trichter gießt, so hat man eine Elektrizitätsquelle von ziemlich erheblicher Kraft, die man nun leicht als Elektrisierungsmaschine benutzen kann.

Zu diesem Zwecke macht man vielleicht bequem folgende Anordnung, die ich bei meinen Versuchen als zweckmäßig gefunden habe, und die durch nebenstehende Figur erläutert wird. Zwei Leidener Flaschen sind derart verbunden, daß die innere



Belegung der einen mit der äußeren der andern und entweder mit dem Quecksilber oder mit dem Stanniolring rr in Kontakt ist.

Diese Anordnung, deren Leistungsfähigkeit der Wasserinfluenzmaschine von LORD KELVIN gleichkommt, ist ein im Demonstrationsunterrichte leicht auszuführendes Experiment. Will man die Leidener Flaschen wegen der Influenzwirkung nicht verwenden, so führe man die beiden Drähte zu gewöhnlichen Konduktoren, etwa zu den Polen einer Funkenstrecke.

Diese Quecksilber-Reibungselektroskopmaschine besitzt neben dem Vorzug möglichst geringer Anforderungen an Zeit und Geld noch den Vorzug, daß sie von den Feuchtigkeitsverhältnissen völlig unabhängig ist, falls nur das Filtrierpapier, das ja als Isolator dient, einigermaßen trocken ist.

Über die Feldstärke innerhalb eines Kreisstromes.

Von Prof. Dr. Friedrich C. G. Müller zu Brandenburg a. H.

Gelegentlich seiner Kritik des Sonderheftes II, 2¹) teilte Verf. in dieser Zeitschr. XX, 149 einige experimentelle Ergebnisse mit, nach denen das Feld innerhalb eines Kreisstromes so wenig homogen ist, daß bereits im Abstände $r/2$ eine 1,21 mal größere Kraftliniendichte herrscht als im Mittelpunkte. Später hat er (diese Zeitschr. XXII, 149) für ein reguläres Sechseck auch theoretisch berechnet, daß die Feldstärke im Abstände

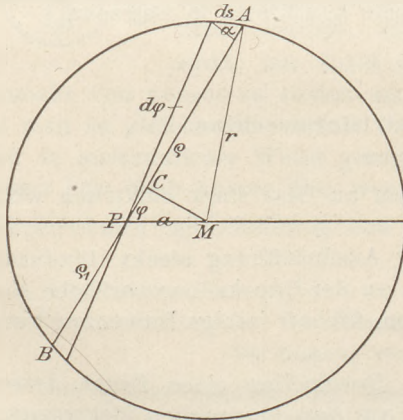
des halben Umkreisradius 7,89 beträgt, wenn sie im Mittelpunkte gleich 6 ist. Kurz nach dieser Veröffentlichung gelang es unserm damaligen Seminarmitgliede, dem jetzigen Oberlehrer Kurt Speiermann, die Feldstärke auch für einen Kreisstrom für irgendeinen Punkt P seiner Ebene im Abstände a vom Mittelpunkte theoretisch herzuleiten. Die am Schluß mitzuteilende Entwicklung führt zu der interessanten Formel

$$F = \frac{J}{r^2 - a^2} \cdot U.$$

Hierin bedeutet U den Umfang einer Ellipse, die $2r$ zur großen Achse und P zum Brennpunkte hat.

In der folgenden Tabelle habe ich die numerischen Werte von U für $r = 1$ und die nach Zehnteln wachsenden numerischen Exzentrizitäten ϵ zusammengestellt, darunter die nach der Formel für die Stromstärke $J = 1$ (10 Amp.) errechneten Werte für F . Zur Übersicht sind die Zahlen dieser Reihe durch Division mit 6,28 auf die Feldstärke im Mittelpunkte des Kreises bezogen und hinter F_1 aufgeführt.

Für den Radius r und die Exzentrizität ϵr werden die betreffenden Feldstärken gleich F/r .



¹) E. Grimsehl, Experimentelle Einführung der elektromagnetischen Einheiten.

ϵ . . .	0,0	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0
U . . .	6,28	6,27	6,22	6,14	6,02	5,87	5,67	5,42	5,10	4,69	4,0
F . . .	6,28	6,35	6,48	6,74	7,17	7,83	8,86	10,61	14,18	24,65	∞
F_1 . . .	1,00	1,01	1,03	1,07	1,14	1,25	1,41	1,69	2,25	3,92	∞

Die erwähnten Beobachtungen stehen mit diesen theoretischen Zahlen in befriedigendem Einklange. Denn für $\epsilon = 0,2-0,6$ erhielt man als zugehörige Werte von F_1 : 1,03, 1,06, 1,11, 1,21, 1,35.

Ich lasse nun auch die Ableitung der Formel nach KURT SPEIERMANN folgen. In den Physikbüchern haben wir über die Behandlung dieses Problems nichts finden können. Und daß auch Fachmänner von Ruf damit nicht recht vertraut sind, beweist die irrige Annahme des Sonderheftes II, 2.

Ein Stromelement ds übt auf P im Abstand a von m die Wirkung aus:

$$dk = \frac{ds \cdot \sin \alpha}{\rho^2} \cdot i$$

$$= \frac{\rho d\varphi}{\rho^2} i = i \frac{d\varphi}{\rho}$$

$$k = i \int \frac{d\varphi}{\rho}$$

oder, da

$$\rho \cdot \rho' = r^2 - a^2,$$

$$k = \frac{i}{r^2 - a^2} \int \rho' d\varphi.$$

Nun ist

$$\rho' = CB - CP = \sqrt{r^2 - a^2 \sin^2 \varphi} - a \cos \varphi.$$

$$k = \frac{i}{r^2 - a^2} \int d\varphi \cdot \sqrt{r^2 - a^2 \sin^2 \varphi} - \frac{i}{r^2 - a^2} \cdot a \int \cos \varphi d\varphi.$$

Integriert man von $\varphi = 0$ bis $\varphi = \pi$, so wird das zweite Integral 0; das erste, ein elliptisches Integral 2. Gattung, stellt den halben Umfang einer Ellipse mit der großen Achse $2r$ und der Brennweite $2a$ dar. Bezeichnen wir deren Gesamtumfang mit U , so ist, da wir von $\varphi = 0$ bis $\varphi = 2\pi$ zu integrieren haben, in absoluten Einheiten

$$k = \frac{i}{r^2 - a^2} \cdot U.$$

Hofmanns elektrolytischer Apparat für bequemeren Gebrauch.

Von Prof. H. Rebenstorff in Dresden.

Sowohl der physikalische als der chemische Unterricht benutzt wohl an vielen Anstalten den allbekanntesten „Wasszersetzungs-Apparat“ nach Hofmann, trotzdem er vielmehr verdünnte Schwefelsäure elektrolysiert. Die Gründe, weswegen eine Verwendung des Apparates in den ersten Chemiestunden unmethodisch zu nennen ist, wurden in dieser Zeitschrift mehrfach erörtert (z. B. XXII, S. 143). In Anstalten mit reichbesetztem Physikraume kommen bei schneller Stundenfolge die guten Seiten des Apparates jedoch immer wieder zur Geltung, da er stets gebrauchsfertig gehalten werden kann und besonders bei Wiederholungen so bequem Anschauungen liefert, um Altbekanntes noch lebendiger werden zu lassen.

Mit der quantitativen Leistung des Apparates, dessen Wirkung einer Zerlegung des Wassers in seine Bestandteile im Verhältnisse der Raummengen wie 1:2 sehr nahezu gleichkommt, ist sein Repertoire erst begonnen. Erleichternde Hinweise lassen die Schüler die Ursachen des geringen Zurückbleibens der Sauerstoffmenge hinter

diesem Verhältnisse selbst auffinden. Die Ozonisierung des Anodensauerstoffs, die dabei ein wenig beteiligt ist, wird unmittelbar an dem Jodkaliumreagens wahrgenommen. Solcher Gebrauch des Apparates für chemische Lehrzwecke kann durch die im folgenden gegebenen Hinweise wohl noch reichhaltiger und bequemer gemacht werden.

Beim Öffnen der Glashähne zum Herauslassen der angesammelten Gase ist es nicht leicht, plötzliches Ausströmen zu vermeiden, wobei oft die Kennzeichnung der Gase beim Heranbringen von Flamme oder Span wenig deutlich wird. Das Unangenehmste ist ein Nachstürzen von Säure, die das vielleicht schon heiße Wasserstoffröhrchen zerspringen läßt oder die Stativteile beschmutzt und sich oxydieren läßt. In erwünscht langsamem Strome dringen die angesammelten Gase heraus, wenn in das Trichterrohr des Apparates ein Glasstab oder zugeschmolzenes Rohrstück geschoben ist, das den Weg der nachdringenden Säure verschmälert (s. Fig. 1). Das Rohrstück muß beim Hinundherbewegen im Rohre oben gerade ein wenig gegen die Wandung klappern. Man setzt es in einen Kork, der die Trichteröffnung verschließt. Um für alle Fälle eine Lockerung in diesem Korke nicht zum Hinabstürzen des Glasstabes führen zu lassen, wird dieser am besten oben kurz rechtwinklig umgebogen. Durch mehr oder weniger tiefes Einschieben in den Kork stellt man die Verengung des Trichterrohres nach Wunsch ein. Beim Erproben des Ausströmens bläst man wiederholt die Säure wieder hinauf, indem man über eins der Hahnröhrchen einen Schlauch streift, der zum Munde führt. Man kann durch solches Einstellen der Wasserstoffflamme die zweckmäßigste Größe geben, die sie stets sofort annimmt, ohne daß mühsam am Hahn gestellt wird.

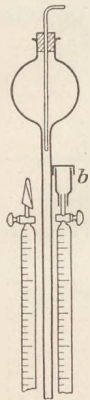


Fig. 1.

Diese Flamme wird meistens erst sichtbar, sobald das Glas des Röhrchens glüht und sie gelb färbt. Die charakteristische, wenig leuchtende bläuliche Flamme des Gases kann, solange der Gasvorrat reicht, erhalten bleiben, wenn auf das Ausströmungsröhrchen ein kurzes Stück Aluminiumrohr oder ein kleines Dütchen aus dünnem Blech dieses Metalles geschoben war. Aus der Ferne wird die Verbrennung nach dem einleitenden leichten Knalle nur dadurch bemerkbar, daß man nach dem Entzünden schnell die Streichholzflamme ausbläst und durch Einhalten in das Wasserstoffflämmchen wieder entzündet. Ebenso wenig neu ist das Entstehen von sehr genau richtig zusammengesetztem Knallgas, wenn man nach einiger Zeitdauer der Elektrolyse den Strom solange umgekehrt wirken läßt, bis die Niveaus der Gase in den beiden Ansammlungsröhren gleich hoch liegen. Lassen wir nach einigem Abwarten für den Fortschritt der Diffusion Portionen des Knallgases in kleine fingerhutartige Röhren strömen, die über das geöffnete Hahnrohr gestülpt wurden, so erzeugen sie eine recht lebhaftere Verpuffung, wenn sie in senkrechter Haltung einer Flamme genähert werden. Bei Halbfingerlänge der Röhrchen beginnt das Pfeifenartige des Knalles. Eine Bestätigung der Angabe der Schüler, daß auch Knallgas leichter als Luft sei, gibt sofort das verschiedene Verhalten eines mit der Öffnung nach oben und dann wieder nach unten gehaltenen Sammelgläschens.

Die Ozonwirkung auf Jodkalium wird auch beim direkten Ausströmenlassen des Sauerstoffes auf ein mit der Lösung getränktes Stückchen Fließpapier sofort kenntlich. Nach Zusatz von etwas Stärkelösung ist bekanntlich die Farbwirkung geändert und empfindlicher. Um das Gas etwas gründlicher auf Ozonpapier und andere Reagenzien wirken zu lassen, setzt man über das Ausströmungsröhrchen für Sauerstoff, entweder unmittelbar, oder nach Aufstreifen eines dünnwandigen Gummiröhrchens, das Rohr eines kleinen Behälters (*b*, s. Fig. 1), den oben eine Kappe nach Art der Wägelgläschen bedeckt. Vorzuziehen ist die Verbindung beider Röhrchen durch einen Glasschliff. (Mit dem Zubehör wird der Hofmannsche Apparat geliefert von Gustav Müller in Ilmenau.) Nach Einbringen von Fließpapierrechtecken, die mit Reagenzien

getränkt sind, werden die Reaktionen auf Ozon in den kleinen Behältern sehr viel deutlicher, als beim freien Strömen aus dem Hahnröhrchen. Läßt man langsam etwas elektrolytischen Sauerstoff in den Behälter treten, so wird das Papier alsbald von unten herauf schön braun gefärbt. Oberhalb der stark wirkenden Bodenschicht des offenbar im Vergleiche zu Luft etwas schwereren Gases wirkten nur Spuren diffundierten Ozons. Der braune Färbungsbereich verliert sich aufwärts in eine entschieden bläuliche Nuance.

Überaus empfindlich wird die Ozonreaktion, wenn man dabei den so feinen Nachweis von Spuren freien Jods durch Stärkelösung mit einschließt. Das mit dem vermischten Reagens durchtränkte, am besten mit reinem Lappen leicht abgetupfte Papierstück läßt, in aufrechter Haltung im Behälterchen stehend, schon das Emportreten von weniger als 1 ccm des Sauerstoffs erkennen. Das Tiefblau des unteren Papierrandes geht nach oben hin in hellere Töne über, die aber im ganzen viel dunkler sind, als bei der Reaktion ohne Stärkelösung. Beim Herumgeben betrachten die Schüler mit Eifer die allmählichen Farbenübergänge auf den beiden Reagensproben. Papierstreifen, die in gefälltes Bleihydroxyd gesenkt waren, nehmen in dem ja nur schwach ozonisierten Sauerstoff des Behälterchens eine gelbliche Färbung an; eigenartig ist ein feiner Metallglanz, der dabei auftritt.

Die Bildung einer Schicht von Superoxyd auf Silber ist bekanntlich keine sehr zuverlässige Reaktion des Ozons. Ein ohne weiteres benutztes 50 Pf.-Stück ließ im Sauerstoffe des Behälterchens keine Oberflächenänderung erkennen. Nach Abreiben mit Smirgelpapier wurden die Relieftteile durch das Gas zuerst goldgelb, dann dunkelblau gefärbt. Nach Manchot und Kampschulte (*Ber. 1907, 2891*) ist die Bildung des Superoxydes vom Vorhandensein katalytisch wirkender Substanzspuren abhängig. Solche hinterläßt auch eisenhaltiger Smirgel auf dem Metalle. Als günstigste Temperatur für die Silberreaktion des Ozons fanden die genannten Autoren 240°. Man kann die kleine Münze leicht in der Wärme im Anodensauerstoffe dunkler machen, wenn man sie nach dem Abputzen über einer Flamme soweit erwärmt, daß sie bei nasser Berührung des Randes leise zischt, und sie dann schnell in den Behälter bringt. Gleich darauf ist der Hahn darunter zu öffnen.

Auch die Wirkung des Ozons auf Quecksilber, das es am Glase haftend macht, ist leicht mit elektrolytischem Sauerstoff herbeizuführen. Statt des Behälterchens wird ein kurzes Schlauchstück auf das Ausströmungsrohr für Sauerstoff gestreift, und in dieses die Spitze des in Fig. 2 gezeichneten Röhrchens geschoben. In der mittleren Biegung des innen 4–6 mm weiten Röhrchens liegt ein größerer Tropfen bestgereinigten Quecksilbers, gerade so viel, daß er das Glasrohr nicht verschließt. Beim Halten gegen das Fenster erkennen die Schüler die völlige Beweglichkeit dieses Quecksilbertropfens und das Fehlen jeder Adhäsion. Etwas Watte an den Rohröffnungen hindert das Herausfallen des Metalles beim Neigen. Nach dem Einschieben der Röhrchenspitze in das Schlauchstück läßt man einige ccm Sauerstoff über das Quecksilber strömen. Wenn dann nach wenigen Augenblicken das Röhrchen hin und her geneigt wird, bleibt fast überall spiegelndes Metall auf dem Glase zurück, so daß dies beim Schütteln ganz blank wird. Die beim ersten Darüberströmen auf dem Quecksilber gebildete Oxydhaut verteilt sich wohl nicht über die ganze Glaswand. Vielmehr dürfte die letztere Anteile des Ozons auf sich niederschlagen und so die Vereinigung mit dem rein darüber rinnenden Metalle hervorrufen. Bekanntlich zeigt Ozon starke Adsorption gegenüber vielerlei Stoffen. Die lichtelektrische Ermüdung (auch von Kupferoxyd) führte Hallwachs auf sich anlagerndes Ozon zurück.

Soll das spiegelnd gewordene Röhrchen erneut zu dem Versuche benutzt werden, so hilft freilich Liegenlassen in Salpetersäure und Trocknen nach dem Ausspülen.

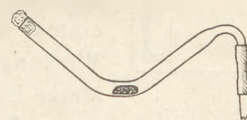


Fig. 2.

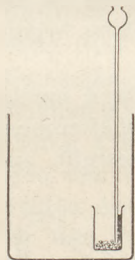
Schneller wirkt Erhitzen. Der noch vorhandene oder neu hincingebrachte Quecksilbertropfen fegt gleichsam beim Neigen des Röhrchens alles Metall der Wandung zusammen, die so rein wie vor dem Versuche erscheint.

Einfachste Ausführung von Versuchen mit Kohlensäure.

Von Prof. H. Rebenstorff.

Bei Wiederholungen, besonders aber bei populären Vorträgen, sind Versuche mit möglichst wenig Zurüstung erwünscht. Um ein Batterieglas größtenteils mit Kohlensäure zu füllen, kann man freilich Brausepulver in eine Bodenschicht Wasser bringen. Ohne solche Flüssigkeit zugleich bringt man nur das schwere Gas in das weite Gefäß, wenn man ein nicht zu großes Becherglas mit einigen Sodakristallen hineingesenkt hält, und nun durch ein im Becherglase mit Siegelack befestigtes Trichterrohr halb verdünnte Salzsäure in kleinen Portionen nachgießt. Ein Vorversuch ist kaum nötig, um dieses Zubringen der Säure zwar fast beständig, aber nicht zu schnell auszuführen, sodaß unser Gefäß in kürzester Zeit, aber ohne Überschäumen des Entwicklergläschens, angefüllt ist. Hatte man die bekannte Drahttreppe mit den kleinen Lichtstümpfchen hineingestellt, so erlöschten die Flammen bald von unten an. Nicht unangebracht dürfte der Hinweis sein, daß die Flämmchen bei diesem Versuche am besten durch Beschneiden des Dochtes sehr winzig gemacht werden, damit sie nicht zuviel Luft verbrauchen und stärkeres Aufsteigen der Luft im Gefäße hervorrufen. Nach solcher Füllung mit dem Becherglasentwickler können natürlich auch manche anderen Versuche mit dem Kohlensäureinhalt vorgenommen werden.

Stellt man einen weitrohrigen Winkelheber in das gefüllte Gefäß, so fließt nach dem Ansaugen das Gas unten heraus, z. B. in einen Standzylinder, den man über den Heber emporschiebt. Durch ganz vorsichtiges Aufblasen von Tabakrauch kann man oberhalb des Kohlensäureinhaltes im Gefäß eine Schicht Rauch schwebend anbringen, die sich beim Entleeren mittels des Hebers langsam senkt und nach Neigen des Gefäßes ein hübsches Wogen zeigt (die „seiches“ im kleinen).



Das Auslöschten eines Kerzenflämmchens durch Ausschütten eines darüber geneigten großen Glases mit Kohlensäuregas mißlingt bisweilen, einmal wenn die Gaslawine die Flamme nicht recht trifft, sodann durch Wirkung des kräftigen aufsteigenden Luftstromes über der Flamme.

Meine Erfahrungen gaben zuverlässiges Erlöschen, wenn das Flämmchen nicht hoch über der Tischplatte, sondern vielmehr recht nahe darüber stand. Benutzt man ein nicht zu stark brennendes Zündhölzchen, so kann dessen Flamme dicht über der freien Tischplatte gehalten werden. Hierbei ist wohl der aufsteigende Luftstrom geschwächt und das schwere Gas fließt auf jeden Fall über die Flamme, wenn nicht von oben, so doch beim wagerechten Ausbreiten von der Seite her.

Hübsch sieht auch der folgende Versuch aus. Ein schmaler Streifen Kartongpapier (2×8 cm) wird am einen Ende mit einer Verlängerung aus unechtem Goldschaum versehen. Das kleine Gerät ist bekanntlich ein äußerst empfindliches Mittel zum Erkennen von Luftströmungen (s. *Experimentierbuch für Schüler*, I S. 137. B. G. Teubner, Leipzig). Bildet man aus Büchern oder sonstwie eine Art Rinne, so weht ein vor dem unteren Ausgange senkrecht gehaltenes Goldblatt nach außen, wenn von oben eine Ladung des schweren Gases herabstürzt. Umständlicher ist ein Kreisring aus Kartongpapier mit vielen ringsherum herabhängenden Goldblattstreifen herzustellen, der einige cm oberhalb der Tischplatte an zwei Trägern einfachster Art kronenartig hängt. Man gießt Kohlensäure in die Mitte; die Streifen wehen radial nach außen.

Zum Schwimmenlassen eines durch Luft aufgeblähten Ballons auf Kohlensäuregas braucht man schon einen recht großen Ballon und natürlich ein noch größeres Gefäß. Treibt man mittels des an die Leuchtgasleitung geschlossenen Gummigebläses einen Ballon zu 2—3 l auf, so steigt er zwar in der Atmosphäre bei dieser Größe noch nicht empor. Er wird aber nach Hineinlegen in ein großes Glasgefäß allmählich gehoben, wenn man Kohlensäuregas auf den Boden des Gefäßes leitet. (Über den Gebrauch der schnell abschließbaren Ballons siehe diese Zeitschr. XIX, 98; XX, 224 und den Prospekt VII von Gustav Müller in Ilmenau.)

Versuche mit einfachen Mitteln.

Erzeugung von Rollkurven. Von Dr. Schäfer in Friedberg. Im Jahrgang 1910 dieser Zeitschrift beschreibt Herr W. PFEIFER einen Apparat zur Erzeugung von Zykloiden. Bei meinem Unterricht in der mathematischen Geographie lasse ich diese Kurven auf folgende Weise entstehen. Zwei Holzscheiben von 10 cm Durchmesser sind mit einer Achse verbunden, die die eine Scheibe nicht nur durchbohrt, sondern noch etwa 3 cm über die Scheibenfläche hinausragt. Auf der Endfläche der Achse ist ein 10 cm langes Holzleistchen befestigt, das an seinem vorderen Ende mit einer Durchbohrung versehen ist, in der ein Kohlestift oder Bleistift befestigt werden kann. Ebenso hat die eine Scheibe eine solche Durchbohrung an ihrer Peripherie und in ihrer Fläche nach der Mitte zu. Ein Tisch wird in die Nähe einer Wand gerückt, an die ein großer Bogen Papier geheftet ist. Ein Kohlestift wird nun nacheinander in die 3 Durchbohrungen gesetzt und der Apparat auf dem Tisch dem Papier gegenüber fortgerollt. Der Stift beschreibt dabei 3 verschiedene Kurven und zeichnet sie selbst auf dem Papier auf.

Anblasen offener Glasröhren. Von Dr. Schäfer in Friedberg. Herr Dr. MERKELBACH (diese Zeitschr. XXIII, S. 325) verfertigt eine besondere Messingröhre zum Anblasen offener Glasröhren. Dazu benutze ich eine zweite Glasröhre von gleichem oder etwas kleinerem Querschnitt als die anzublasehenden Röhren. Die beiden an ihren Rändern gerundeten Röhren werden so gehalten, daß sie etwa einen Winkel von 120° bilden; die senkrechte anzublasehende Röhre befindet sich mit ihrem oberen Rand vor der Mitte der Öffnung der anderen Röhre. Die Pfeifen ertönen nun ebenso leicht offen wie gedeckt.

Nachweis von Induktionsströmen. Von Dr. Schäfer in Friedberg. Hierzu wird allgemein ein empfindliches Galvanoskop verwandt. Die Ströme lassen sich aber auch auf andere Art anzeigen. Zwei Drähte werden in den Klemmen einer Induktionsrolle befestigt, während ihre andern Enden dicht nebeneinander in einem Stativ eingeklemmt sind. Die Enden werden durch einen 70 cm langen frei herabhängenden Lamettafaden miteinander verbunden. In die untere Schleife wird ein Magnetpol geschoben. Schiebt man nun rasch einen zweiten Magneten in die Spule, dann gerät der Lamettafaden in Schwingungen, natürlich auch dann, wenn man ihn wieder herauszieht. Versetzt man vorher den Faden durch Anstoßen in pendelnde Bewegung und merkt sich die Schwingungsdauer, so werden die Schwingungen des Fadens recht lebhaft, wenn man den Magneten im Tempo der Eigenschwingungen bewegt. Die

Ausschläge können weiter noch verstärkt werden, wenn man den Faden unten zu einer oder zwei Windungen biegt. Damit diese nicht zusammenfallen und sich gegenseitig nicht berühren, steckt man durch die Fäden Streifen von Seidenpapier.

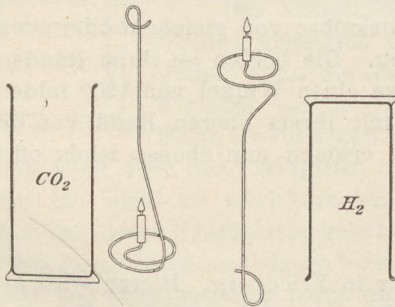
Für die Praxis.

Das Spratzen des Kupfers. Von F. Schranzhofer in Wien. Kleine Mengen geschmolzenen Kupfers spratzen unter gewöhnlichen Umständen nur sehr unvollkommen. Sehr deutlich wird aber die Erscheinung beim Einhalten nachstehenden Verfahrens. Man schneidet Holzkohle auf eine Größe zurecht, daß sie bequem mit einem 600 cem-Becherglase überdeckt werden kann, schmilzt dann in einer seichten Vertiefung ungefähr 2 g reinen Kupfers mit der Leuchtgas-Sauerstoffflamme nieder und erhitzt das geschmolzene Kupfer zur hellsten Weißglut. Nun dreht man den Leuchtgashahn ab, läßt den Sauerstoffstrom ein paar Sekunden auf das Kupfer wirken und überdeckt das Ganze rasch mit dem Becherglase. Zunächst bemerkt man über dem Kupfer noch eine grüne Flamme, dann erfolgt lebhaftes Aufsprühen, das Kupfer bedeckt sich mit einer Oxydschicht, die alsbald durchbrochen wird von pilzförmigen Auftreibungen, die oft höher als die Hälfte des Kornes werden.

Eine österreichische Bronzescheidemünze, in gleicher Weise behandelt, zeigt dagegen nach dem Erstarren eine vollkommen glatte Oberfläche.

Taucht man in das geschmolzene Kupfer Zink- oder Zinnstäbe ein, so erhält man, allerdings unter lebhaften Verbrennungerscheinungen, Messing oder Bronze bis zum Spiegelmetall.

Drahthalter für einzusenkende kleine Kerzen. Von H. Rebenstoff in Dresden. Beim Einbringen kleiner Flammen in Gase, die in Zylindern bereitstehen, beschmutzt abtropfendes Wachs in vielen Fällen die Glaswand, was zeitraubendes Reinigen nötig macht. Es verschulden dies meistens unwillkürliche Schwankungen des nur aus einem geraden oder unten U-förmig aufwärts gebogenen Drahte bestehenden Kerzenhalters. Die zu große Annäherung an die Glaswand vermeidet man, wenn der Drahthalter mit einem Kreisstück versehen ist, das die Kerze mehr in der Zylindermitte hält. Den Draht kann man aus Messing und 2–3 mm stark wählen. Auf das zentrale Ende ist entweder das Kerzchen direkt aufgespießt oder in eine kleine Tülle aus Blech geschoben, die daselbst angelötet ward. In der Figur ist neben dem für schwerere Gase bestimmten Lichthalter ein solcher für Wasserstoff gezeichnet. Auch in diesem Gas ist der

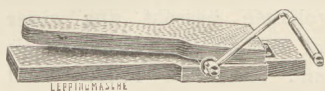


so schöne Versuch des Einbringens der Kerzenflamme, ihr Erlöschen und Wiedereinzünden ohne Beschmutzen der Glaswand ausführbar. Man bewegt den Kerzenhalter am besten ziemlich schnell aufwärts, nach 1–2 Sekunden wieder zurück und aus dem Zylinder heraus. Bei schnellem Hantieren kann die Kerzenflamme wiederholt ausgelöscht und an der großen Flamme im Zylindereingange neu entzündet werden. Es wäre eine ganz falsche Beurteilung von Explosionserscheinungen, wenn ein Ungeübter diesen anregenden Versuch infolge des Vermutens irgendeiner Gefahr nicht stets ausführen wollte.

Berichte.

1. Apparate und Versuche.

Einfache Demonstration der Reibungswärme. Von WILHELM VOLKMANN. Nach dem Vorgang Tyndalls benutzt man zur wirkungsvollen Vorführung der Reibungswärme gern ein zylindrisches Gefäß, das halb mit Äther gefüllt und zugepfropft in rasche Umdrehung versetzt und mit einer hölzernen Kluppe gerieben wird. Dreht man das Gefäß mit einer Schwungmaschine oder einem kleinen Elektromotor, so kann man nur eine recht mäßige Reibung anwenden, und der Versuch dauert dann unerfreulich lange. Für eine nicht sehr stark gebaute Schwungmaschine



ist dieser Versuch außerdem eine etwas harte Behandlung. Einfacher und infolge der sehr starken dabei möglichen Reibung sicherer wird der Versuch, wenn man das Gefäß, die „hohle Achse“, selbst mit einer Kurbel versieht und die etwas kräftiger als üblich gebaute Kluppe am Tisch festklemmt. Zwar wird die Drehung so verhältnismäßig langsam, da man aber die Kluppe mit großer Kraft zudrücken kann, erhitzt sich die Achse schon in 1–3 Minuten so weit, daß der Pfropfen mit lautem Knall herauspringt. Man fülle die Achse nicht zu voll; es ist nötig, daß über dem Äther ein reichlicher Luftraum bleibt; für die etwas längere Versuchsdauer wird man durch einen um so lauterem Knall entschädigt. Preis M 7,50 (Leppin & Masche, Berichte VIII, Heft 1 und 2, 1911, Physica pauperum).

Objektive Spektren mit billigen Hilfsmitteln. Von WILHELM VOLKMANN. Eine billige und wirksame linienförmige Lichtquelle, die zur objektiven Darstellung von Brechungs- und Beugungsspektren ausreicht, kann man durch Glühen einzelner Fäden, die wie die Glühröhrchen des Handels mit Cerium- und Thoriumnitrat getränkt sind, erhalten¹⁾. Ein 5 bis 10 cm langes Stück eines solchen Fadens wird an einem irgendwo befestigten horizontalen Blumendraht mit einem Ende festgebunden und das andere Ende durch Anbinden eines 1 cm langen Stückchens Blumendraht belastet.

¹⁾ Die Firma Leppin & Masche liefert 1 Röllchen des Fadens für M 0,30.

Dieser Faden wird nun abgebrannt, wobei er sich auf die Hälfte verkürzt, und während man ihn mit einem kleinen Gas- oder Spirituslämpchen Stück für Stück ausglüht, streckt er sich gerade und strahlt ein helles Licht aus, das für die genannten Versuche recht geeignet ist.

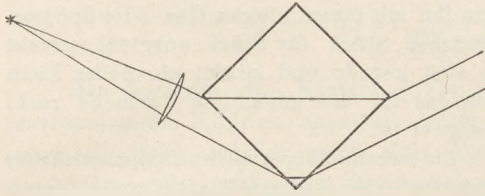
Ein zweckmäßiges Spirituslämpchen macht man aus einer kleinen Tintenflasche, deren Pfropfen zweimal durchbohrt wird. In die eine Bohrung steckt man ein 4 bis 6 cm langes Glasrohr von etwa 2 mm innerer Weite, durch das ein lockerer Baumwollfaden, wie er zu den Dochten gläserner Spirituslampen gebräuchlich ist, mit Hilfe eines Zwirnsfadens hindurchgezogen wird. Das andere Loch soll der Luft den Zutritt zur Flasche gewähren. Ein solches Lämpchen hat eine kleine heiße Flamme und verbraucht nur wenige Gramm Spiritus in der Stunde. Wenn es außer Gebrauch ist, tut man gut, über den Pfropfen ein Hütchen, etwa ein kleines Reagenzglas oder einen Fingerhut, zu setzen, damit der Docht nicht aus der Luft Wasser ansaugt.

Die Spektren werden in der Weise entworfen, daß man im dunklen Zimmer vor dem glühenden Thoriumfaden eine Linse, etwa ein Brillenglas von 8–15 cm Brennweite oder, wenn man es haben kann, ein photographisches Objektiv, so aufstellt, daß der Faden auf einem Blatt Papier, das in etwa 1 m Entfernung aufgehängt ist, recht scharf abgebildet wird. Darauf stellt man in den Weg der von der Linse kommenden Strahlen das Prisma oder das Beugungsgitter und stellt den Schirm in demselben Abstand wie vorher in die Richtung des austretenden Lichtes.

Als Prisma kann ein rechteckiger Wasserkasten dienen, den man aus unbelegtem Spiegelglas, z. B. guten mikroskopischen Objektträgern, mit Siegellack zusammenkittet. 7 cm Seitenlänge und 3–4 cm Höhe ist eine passende Größe. Die Kanten der Platte werden über einer Spiritusflamme vorsichtig so weit erwärmt, daß sie sich beim Hinüberstreifen über eine Stange Siegellack mit Lack überziehen. Nachdem alle Platten so vorbereitet sind, werden sie unter Anwärmen zusammengesetzt. Als Boden dient ein quadratisches Stück Fensterglas von $7\frac{1}{4}$ cm Seitenlänge. Der Kasten muß so groß sein, weil man genötigt ist, das Licht sehr schräg auf die Seitenflächen fallen zu lassen. Die

Figur zeigt den Gang der Lichtstrahlen. Die Dispersion ist recht beträchtlich, zwischen den Linien *C* und *F* (hellrot und blau) $3\frac{1}{4}$ Grad.

Als Beugungsgitter kann man Stücke seidener Müllergaze verwenden, die bis zu



0,14mm Maschenweite herab hergestellt wird. Man klebt sie stramm auf einen Papprahmen und kann ihre Wirkung durch Schrägstellen erhöhen, weil dann die Maschen enger erscheinen. (Leppin & Masche, Berichte VIII, Heft 1 und 2, 1911, Physica pauperum).

Eine Lampe für objektive Linienspektren. Von WILHELM VOLKMANN¹⁾. Zwischen den Ecken zweier Metallbleche läßt sich ohne weiteres ein schöner elektrischer Lichtbogen erzeugen. Ihn lange aufrecht zu erhalten, wird dadurch schwierig, daß das Metall sehr

objektive Spektren empfohlen wird. Sie fassen je etwa 120 g Wasser und haben dreieckige, mit den Ecken vorragende Grundplatten aus dickem Messing, an denen die Blechstreifen von 0,5 cm Breite und 1–2 mm Dicke aus den zu verwendenden Metallen festgeklemmt werden. So ist die Lampe gleich für drei verschiedene Spektren vorbereitet. Die Tröge sind um ihre Längsachse drehbar, so daß man die mit 1, 2, 3 bezeichneten Ecken einander gegenüberstellen kann. Ferner können die Tröge einander genähert und voneinander entfernt werden, wodurch die Bogenlänge einzustellen ist. Diese Einstellung und auch die Zündung des Bogens geschieht mit einem hölzernen Handgriff, der hinten aus dem Lampengehäuse ragt. Das Lampengehäuse besteht aus einer festen Rückwand und zwei gebogenen, Seiten- und Vorderwand bildenden Türen, nach deren Aufklappen die Lampe vollständig freiliegt (siehe Fig. 1). Man läßt zweckmäßigerweise die Lampe bei 2–3 Ampere brennen. Während der Demonstration steigert man dann für kurze Zeit die Stromstärke auf das Doppelte. Bei dieser Arbeitsweise hat man Licht genug und

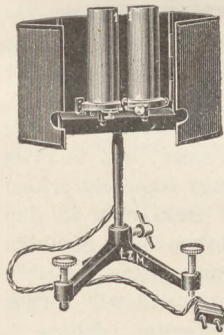


Fig. 1.

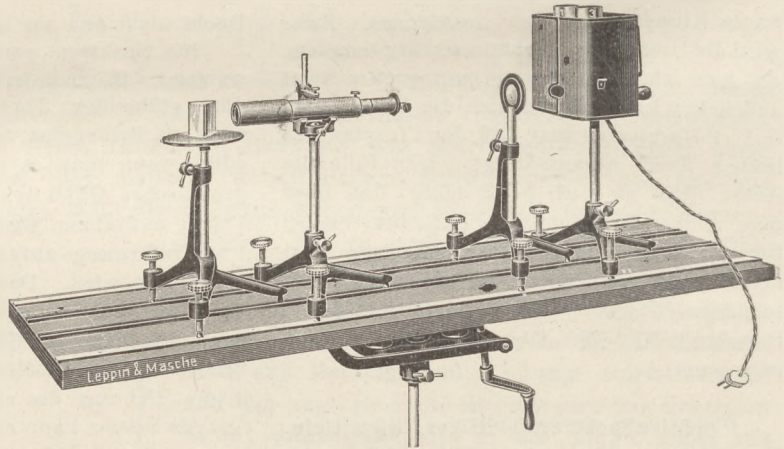


Fig. 2.

schnell wegschmilzt, wobei der Bogen sehr lang und die Form der Elektroden ungünstig wird. Diese Schwierigkeiten verschwinden bei ausreichender Kühlung der Elektroden. Ein einfaches Verfahren zur Kühlung solcher Elektroden, die die Wärme gut leiten (*Ag*, *Cu*, *Ni*) besteht darin, daß man sie an die metallische Wand eines Wassertroges klemmt. Aus zwei solchen Trögen von zylindrischer Gestalt besteht die Lampe, die hier für

einen sehr ruhigen Bogen während des Einstellens und ein sehr helles, freilich bald unruhig werdendes Licht während der Demonstration. Am vorteilhaftesten verwendet man als Vorschaltwiderstand zwei Draht-Asbestbänder, die bei der verwendeten Spannung (abzüglich 40 Volt für den Bogen) 2,5 Ampere durchlassen, in Parallelschaltung, versieht aber eines der Bänder mit einem Ausschalter (vgl. diese Zeitschr. XXII, S. 390).

Die optische Anordnung muß bei Verwendung eines gewöhnlichen Prismas drehbar sein. Auf einem drehbaren Projektionstisch

¹⁾ Berichte von Leppin & Masche VIII, Heft 1 und 2, 1911.

stchen (Fig. 2) hintereinander 4 Stative (Klemmfüße), die die Lampe, eine kleine Kondensorlinse, ein Spaltrohr und ein Tischchen für das Prisma tragen.

Der Kondensor hat 3 cm Durchmesser und 4,5 cm Brennweite; er bildet den Bogen vergrößert auf dem Spalt ab, der vom Kondensor etwa ebensoweit wie von dem mit ihm durch das Spaltrohr (ev. eines Spektralapparates) verbundenen Fernrohrobjektiv entfernt ist. Als Prisma dient vorteilhaft ein mit Zimtäthyl gefülltes Hohlprisma, weil dann auch das Violett bis tief ins unsichtbare Gebiet hinein sehr kräftig wird. Gerade in diesem Punkt sind Geradsichtsprismen wenig günstig.

Außer *Ag*, *Cu*, *Ni* kann man auch andere Metalle verwenden. Man nimmt sie um so dicker, je schlechter sie die Wärme leiten. Je schneller sie sich oxydieren, um so unbequemer sind sie in der Verwendung. Besonders durch seine Einfachheit ausgezeichnet ist das Silberspektrum, das im sichtbaren Gebiet nur 2 grüne Linien zeigt, auf dem Fluoreszenzschirm allerdings viel reicher wird. Besonders reich im sichtbaren Gebiet ist im Gegensatz dazu das Eisenspektrum. Preis der Lampe M 40, des Vorschaltwiderstands M 45 bis 50.

Die Vakuumthermosäule als Strahlungsmesser. Von E. S. JOHANSEN¹⁾. Nach Lebedew ist ein einzelnes geschwärztes Thermoelement im Vakuum 7mal, ein blankes sogar 25mal empfindlicher als in der Luft. Der Verf. untersuchte zunächst theoretisch, inwiefern die Empfindlichkeit abhängig ist von den Dimensionen der Drähte und anderen äußeren Bedingungen. Es ergab sich, daß ein Vakuumthermoelement seine größte Empfindlichkeit erhält, wenn 1. der Wärmeverlust wegen der

Ableitung durch die Drähte ebenso groß ist wie der Wärmeverlust wegen der Ausstrahlung der Lötstelle, 2. die Radien der beiden Drähte so gewählt werden, daß das Verhältnis zwischen der Wärmeableitung und dem elektrischen Widerstande in beiden gleich groß ist. Ferner muß der Widerstand des Galvanometers gleich dem Widerstande des Thermoelements sein. Der Verf. hat nach diesen Regeln zwei Vakuumthermosäulen konstruiert. Bei dem einen benutzte er Konstantandraht von 0,03 mm und Eisendraht von 0,015 mm Durchmesser, die mittels einer scheibenförmigen Lötstelle aus Zinn von 1 mm Durchmesser und 0,02 mm Dicke miteinander verbunden waren. [Das Löten erfolgte nach Prytz in der Weise, daß ein schmaler Streifen dünner Zinnfolie um die Überquerung der gekreuzten Drähte gewickelt, ein Tropfen Lötwasser hinzugesetzt und die Strahlen der positiven Kohle einer Bogenlampe auf die Zinnfolie konzentriert wurden.] Die aus mehreren Elementen in einer Reihe bestehende Säule wurde in ein Glasgefäß mit Steinsalz oder Quarzfenstern gesetzt; das Vakuum wurde nach Dewar durch Abkühlung eines mit Kokosnußkohle gefüllten Seitenrohrs hergestellt. Die zweite, einfachere Form des Thermoelements bestand auch aus Eisen-Konstantan- (oder Wismut-)draht, und hatte nur eine einzelne lange Lötstelle aus dünner Silberfolie. Die Strahlungsempfindlichkeit dieser Thermoelemente ist gleich dem Produkt aus einer Konstante und der Quadratwurzel aus der Oberfläche. Setzt man diese Konstante für die Rubenssche Thermosäule = 1, so beträgt sie etwa 4,5 für das Vakuumelement Eisen-Konstantan, etwa 9,5 für Eisen-Wismut und etwa 9,7 für das Vakuumbolometer. *Schk.*

2. Forschungen und Ergebnisse.

Die Konstitution der Atmosphäre. Man hat sich schon vielfach mit der Frage beschäftigt, wie weit nach außen, von der Erdoberfläche gerechnet, die Erdatmosphäre sich erstreckt, wie groß also ihre Dicke ist; in den Ergebnissen treten aber große Verschiedenheiten auf: von der einen Seite wurde die Dicke der Luftschicht nur zu wenigen, von der anderen zu 100 und mehr km angenommen. Eine sorgfältige Zusammenstellung und Vergleichung aller bisher erhaltenen Tatsachen, welche ALFRED WEGENER unter-

nommen hat¹⁾, ergibt nun das in umstehender Skizze dargestellte Bild, in dem sich alle wichtigen Erscheinungen unserer Atmosphäre ihrem mutmaßlichen Orte nach eingetragen finden. Danach zerfällt die gesammte Gashülle der Erde in vier konzentrische Schichten, die sich von bzw. 0 ÷ ~ 12, ~ 12 ÷ 75, 75 ÷ 210 und 210 ÷ 500 km Höhe erstrecken; die erstgenannte oder „Troposphäre“ ist der Ort der wichtigsten meteorologischen Vorgänge:

¹⁾ Untersuchungen über die Natur der obersten Atmosphärenschichten I; Physikal. Zeitschr. 12, 170 ÷ 178, 214 ÷ 222, 1911.

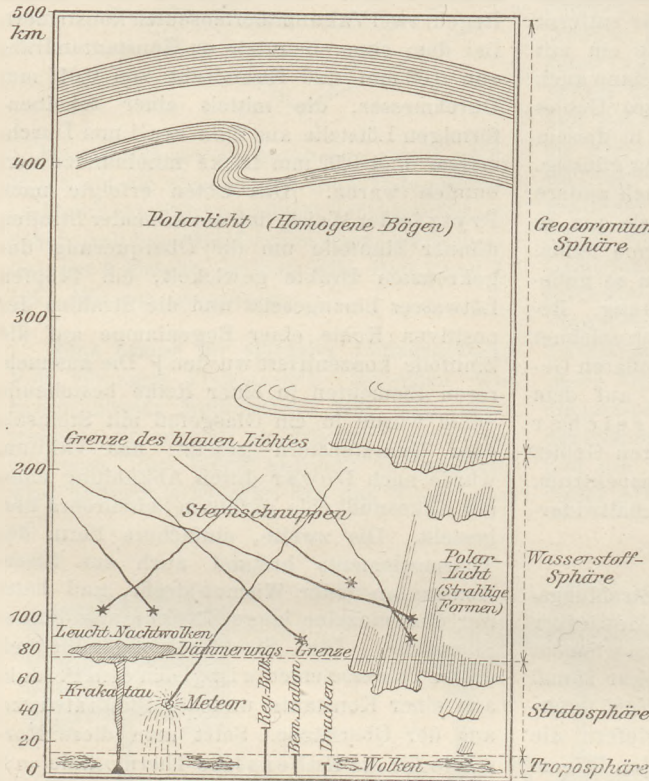
¹⁾ Ann. d. Physik 33, 517 (1910).

Wolkenbildung, Nebel, Regen usw. Es folgt die „Stratosphäre“ bis ~ 75 km, innerhalb deren sich die Dämmerungsphänomene abspielen, während ihre obere Grenze die Region der „leuchtenden Nachtwolken“ bildet, welche O. JESSE in Steglitz bei Berlin anlässlich des Krakatauausbruches 1883 eingehend studiert hat. Die Höhe dieser Gebilde hat man

47 km, also in die Stratosphäre, fallen. — Es folgt dann die „Geokoroniumsphäre“, welche die eigentliche Region der Polarlichter darstellt, die je höher, in um so verwuscheneren Formen auftreten und, namentlich auch in ihrem Spektrum, Übereinstimmung mit elektrischen Entladungen in verdünnter Luft zeigen, wie sie denn als solche auch von LEMSTRÖM in kleinem Maßstabe künstlich hervorgerufen werden konnten. Diese „homogenen Bögen“ haben bei spektroskopischer Untersuchung deutliche Anzeichen gegeben, daß in ihnen ein bisher unbekanntes Gas vorhanden ist: das Geokoronium, dessen Spektrum das gleiche ist wie das des Sonnenkoroniums in der Korona bei Finsternissen. Bezüglich der Einzelheiten der bezüglichen Darlegungen sei auf das Original verwiesen. W. B. v. Cz.

Eine Erscheinungsform des

Thomsoneffektes. Bei der Leitung des Stromes in Metallen tritt, wie W. THOMSON gezeigt hat, abgesehen von der Jouleschen Wärme noch eine dem Peltiereffekt verwandte Wärmewirkung auf, sobald innerhalb der Metalle selbst ein Temperaturgefälle vorhanden ist. Diese Wirkung, die man Thomsoneffekt genannt hat, wechselt mit der Richtung des



von 1887 ab bis zu ihrem Verschwinden nach einigen Jahren wiederholt auf photogrammetrischem Wege gemessen und zu 70–83 km gefunden. — Von 70 km aufwärts nimmt WEGENER eine „Wasserstoffatmosphäre“ an, welche bis etwas über 200 km reicht und im besonderen aus leichteren Gasen, wie eben Wasserstoff, zusammengesetzt ist. Die Grenze bei 70 km ist merkwürdig scharf, und zwar in der Zusammensetzung der Atmosphäre, ausgeprägt; für die Möglichkeit derartig scharfer Schichtgrenzen hat man auch anderweit absolut zuverlässige Beweise und Zeugnisse. In dieser Zone haben vornehmlich die strahligen Polarlichtformen ihren Sitz; ferner treten in ihr die Sternschnuppen auf, für deren Höhe von anderen Beobachtern Werte zwischen 1,54 und 80 km angegeben sind (a. a. O., S. 214, Tabelle), während die beobachteten Explosionshöhen zwischen 3,7 und

Stromes ihr Zeichen, sie addiert sich also in einen Fall zur Jouleschen Wärme und subtrahiert sich im andern Fall.

Behufs Demonstration des Thomsoneffektes hat W. KÖNIG (Gießen) einen Versuch eingerichtet, dem die Überlegung zugrunde liegt, daß in galvanisch glühenden Drähten, wenn an der Stromzuführungsstelle eine starke Wärmeentziehung stattfindet, der Strom ein steiles Temperaturgefälle durchfließt. Taucht man demnach einen U-förmig gebogenen Platindraht, der durch einen elektrischen Strom zum Glühen erhitzt ist, mit dem unteren Ende der Schleife in Wasser, wie man es in bekannter Weise ausführt, um nachzuweisen, daß der Widerstand der Metalle bei Abkühlung abnimmt, so sieht man bei genauer Beobachtung, daß die Punkte des beginnenden Glühens in den beiden Ästen verschieden weit von der kühlenden Wasseroberfläche

abstehen. Daß man es hierbei nicht mit örtlichen Verschiedenheiten des Drahtwiderstandes, sondern mit einer Erscheinungsform des Thomsoneffektes zu tun hat, geht sofort daraus hervor, daß der Unterschied sich umkehrt, sobald man den Strom umkehrt. Man kann die Drähte stark genug zum Glühen bringen, um ihr vergrößertes Bild auf einen Schirm projizieren und so einem größeren Auditorium die Erscheinung sichtbar machen zu können. Dabei empfiehlt es sich, um den Effekt, der natürlich nur gering ist, deutlicher hervortreten zu lassen, zwei gleiche Drahtschleifen nebeneinander zu stellen und den Strom so zu teilen, daß er von den vier nebeneinander laufenden Drähten die beiden äußeren in dem einen, die beiden inneren in dem anderen Sinne durchläuft. Fig. 1 stellt einen einfachen und bequemen Apparat für die Ausführung des Versuches dar. *G* ist ein hölzerner Galgen, der auf einem verstellbaren Tischchen festgeschraubt ist und an seinem Querbalken nebeneinander und gut voneinander isoliert drei starke flache kupferne Klemmbanken trägt. In diese werden die oberen Enden der Drähte so eingeklemmt, daß die äußeren Drähte von den äußeren, die beiden inneren dagegen gemeinsam von der inneren Klemmbanke getragen werden, und die vier Drähte in gleichen Abständen nebeneinander nach unten verlaufen. Sie tauchen mit ihrem unteren Ende in ein mit Quecksilber gefülltes Gefäß. Der Strom wird durch *a* der mittleren Klemme zugeleitet und durch den Bügel *b* und den Draht *c* gleichzeitig von den beiden äußeren Klemmen abgenommen. Eine Wippe gestattet, die Stromrichtung zu vertauschen. *O* ist das die Drähte auf den Schirm projizierende Objektiv. Man sieht dann auf dem Schirm die glühenden Teile der Drähte je nach der Stromrichtung für die inneren Drähte länger als für die äußeren oder umgekehrt. Dieser Effekt wird noch deutlicher, wenn man einen horizontalen Spiegel so anbringt, daß sich das Spiegelbild der Drähte gleichzeitig mit dem direkten Bilde projiziert. Man kann zu diesem Zwecke einen Silberspiegel vor den unteren Drahtenden horizontal aufstellen. Noch einfacher ist es, dem Quecksilbergefäß, wie es in Fig. 1 dargestellt ist, die Gestalt einer langen Wanne zu geben. Das Quecksilber, das zur gleichmäßigen Abkühlung der Drähte an ihren unteren Enden dient, erzeugt dann mit seiner Oberfläche zugleich das Spiegelbild. Auf dem Schirm erscheint alsdann über dem direkten Bilde das Spiegelbild der glühenden Drähte,

U. XXIV.

und man sieht die einander gegenüberliegenden Enden der glühenden Teile je nach der Stromrichtung entweder für die äußeren oder für die inneren Drähte näher aneinander

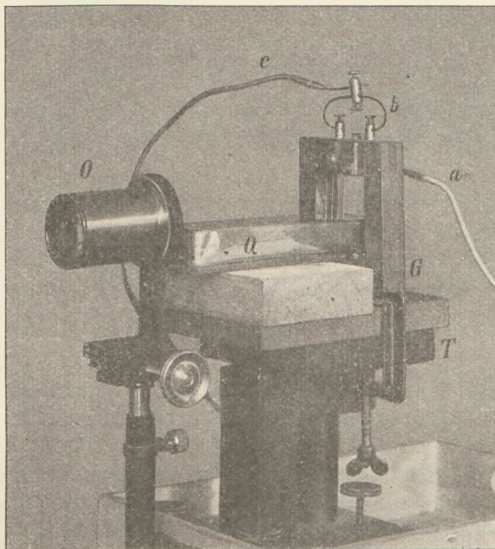


Fig. 1.

liegen. Fig. 2 zeigt das Aussehen der Erscheinung nach einer photographischen Aufnahme. Dabei ist Platin verwendet, und die Stromrichtung ist für das direkte Bild der

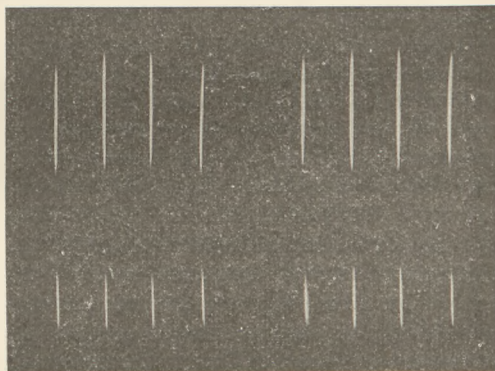


Fig. 2.

Drähte durch die unter dem Bilde gezeichneten Pfeile angedeutet. Man ersieht aus der Figur, daß der Punkt des beginnenden Glühens da, wo der Strom nach dem abgekühlten

Teile hinfließt, gegen den Strom verschoben ist. Der Thomseffekt hat hier also negatives Vorzeichen.

Zur feineren Untersuchung des beschriebenen Effektes verwendet der Verf. eine Versuchsanordnung nach Art der strahlungs-pyrometrischen Beobachtungsmethoden. Der vertikal ausgespannte glühende Draht wurde vor einem gleichmäßig hellen Hintergrunde durch eine rote Scheibe hindurch beobachtet.

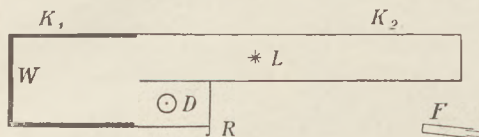


Fig. 3.

Fig. 3 zeigt die Anordnung im Grundriß. D ist der Apparat mit dem glühenden Draht, R die rote Scheibe, W die weiße Wand — weiß gestrichene Pappe oder ebene Gipsfläche —, die den Hintergrund des geschwärzten Kastens K_1 bildet. Zur Beleuchtung von W dient eine 25kerzige Tantal-lampe, die sich in der schmälern, ebenfalls ganz aus schwarzem Stoff gebildeten Verlängerung K_2 des Kastens in beliebiger Entfernung von der Wand W aufstellen läßt. F ist das auf den Draht eingestellte Beobachtungsfernrohr eines Fueßschen Kathetometers. Der zu glühende Draht wurde mit seinen beiden Enden in dicke Kupferstäbe eingelötet und mit Hilfe des oberen Stabes vertikal aufgehängt, während der untere Stab, zur Stromableitung und um dem Draht Spielraum für die Ausdehnung zu gewähren, in Quecksilber tauchte. Es erwies sich endlich als erforderlich, die durch die Luftströmungen bedingten Störungen dadurch fernzuhalten, daß der Draht in ein weites Glasrohr eingeschlossen wurde, das mit einer Gaedepumpe auf Kathodenstrahl-Vakuum leer gepumpt war. Die Beobachtungen wurden nun in folgender Weise angestellt. Während sich die Beleuchtungslampe L in einem Abstände von 71 cm von der Wand W befand, wurde die den Draht durchfließende Stromstärke so reguliert, daß die Mitte des glühenden Drahtes, durch die rote Scheibe gesehen, ebenso hell erschien wie der Hintergrund. Wurde dann die Entfernung der Lampe vom Hintergrund vergrößert, so erschien die Mitte des Drahtes hell, die Enden dunkel, und es konnten die Übergangsstellen, die mit dem Hintergrunde gleiche Helligkeit hatten, scharf beobachtet und ihre Lage mit Hilfe des Kathetometers

festgelegt werden. Es ist klar, daß man nach dieser Methode, wenn man die Beleuchtung der Hinterwand abstuft, die Helligkeitsverteilung des durch das rote Glas hindurchgehenden Lichtes längs des glühenden Drahtes ermitteln kann. Infolge des Thomseffektes hängt diese Helligkeitsverteilung von der Stromrichtung ab. Kehrt man den Strom um, so ändern die Übergangsstellen ein wenig ihre Lage; Sinn und Größe dieser für den Thomseffekt charakteristischen Verschiebung konnten mit dem Kathetometer genau gemessen werden.

Diese Messungen können dazu dienen, das Vorzeichen des Thomseffektes im Temperaturgebiet der Rotglut für verschiedene Metalle zu bestimmen. Der Effekt ist, wie schon erwähnt, bei Platin negativ, bei Kupfer dagegen positiv; in beiden Fällen stimmt das Vorzeichen mit dem bei gewöhnlicher Temperatur ermittelten überein. Für Eisen dagegen ergaben die Versuche den Effekt positiv, während er bei gewöhnlicher Temperatur negativ ist. Dies stimmt mit Beobachtungen von Lecher überein, die bis 440° reichen und wonach die Temperaturkurve des Eisens bei $+200^\circ$ einen Umkehrpunkt zeigt und bei 477° (auf Grund einer Interpolationsformel) auf Null zurückgeht, um dann positiv zu werden. Für Konstantan hat Lecher durch Extrapolation einen Übergang von negativen zu positiven Werten des Effektes bei etwa 590° gefunden. Die bisherigen Beobachtungen des Verf. ergaben bei heller Rotglut noch deutliche negative Werte, der Umkehrpunkt müßte hiernach also höher als 590° liegen, was noch weiterer Untersuchung bedarf. P.

Einiges aus der Theorie der Thermo-elektrizität. Originalbericht von J. WEISS (Pforzheim). 1. Gegenstand der Theorie der Thermo-elektrizität. Die Erscheinungen, welche die Theorie der Thermo-elektrizität der Leiter I. Klasse zum Gegenstand hat, sind die Änderung des elektrischen Widerstandes und der Wärmeleitfähigkeit mit der Temperatur, die Kontaktpotentialdifferenz zweier Körper, der Peltiereffekt, die spezifische Wärme der Elektrizität sowie die Thermokraft der Thermo-elemente. Hier braucht wohl nur erklärt zu werden, was man unter der „spezifischen Wärme der Elektrizität“ versteht. Schickt man einen elektrischen Strom durch einen stabförmigen Leiter, dessen Enden sich auf verschiedenen Temperaturen befinden, so bringt er in einem

Volumenelement nicht diejenige Erwärmung hervor, welche nach dem Jouleschen Gesetz bei dem betreffenden Widerstand zu erwarten wäre, sondern je nach der Stromrichtung eine größere oder geringere. Geht ein Ampere vom warmen zum kalten Stabende, und besteht pro cm Stablänge 1° C Temperaturdifferenz, so nennt man die Wärmemenge, welche pro Sekunde in der Längeneinheit des Stabes mehr entwickelt wird, als der Joulewärme entspricht, die „spezifische Wärme der Elektrizität“. Sie ist vom Querschnitt unabhängig und wie die Peltierwärme proportional der Stromstärke. Unter „Thermokraft $\partial E/\partial T$ “ wird im folgenden diejenige elektromotorische Kraft verstanden, welche 1° Temperaturdifferenz der Lötstellen entspricht. Sie ist eine Funktion der absoluten Temperatur T , und deshalb kann in einer graphischen Darstellung der Abhängigkeit der Thermokraft von der Temperatur die $\partial E/\partial T$ -Kurve die T -Achse schneiden. Temperaturen, bei deren Durchschreiten $\partial E/\partial T$ sein Vorzeichen wechselt, nennt man „neutrale Temperaturen“. Daher kommt es, daß eine Vergrößerung der Temperaturdifferenz der Lötstellen eine Verringerung der elektromotorischen Kraft bewirken kann.

Die theoretische Untersuchung hat zwei Wege eingeschlagen. Einmal hat man versucht, aus den allgemeinsten physikalischen Prinzipien, den beiden Hauptsätzen der Wärmetheorie, Beziehungen zwischen den thermoelektrischen oder andern physikalischen Eigenschaften aufzufinden, unter strenger Vermeidung aller speziellen Vorstellungen über den Mechanismus, der sie bedingt. Auf solche Weise mögen kurz die beiden wichtigsten Formeln abgeleitet werden.

Die Peltierwärme, welche entsteht, wenn 1 Ampere vom Körper 1 zum Körper 2 geht, heiße $H_{1,2}$, während wir mit μ_1 bzw. μ_2 die spezifischen Wärmen der Elektrizität in den Substanzen 1 bzw. 2 bezeichnen wollen. 2 Drähte aus der Substanz 1 seien an die Enden eines Drahtes aus dem Material 2 angelötet, und die freien Enden sollen sich auf gleicher absoluter Temperatur T^0 befinden; an den Kontaktstellen herrschen die Temperaturen T' und T'' (T'' sei $> T'$). Schicken wir nun einen Strom i durch diesen Leiter hindurch, so setzt sich die hierbei geleistete Arbeit A um in die Joulewärme, die Peltierwärme und in die spezifische Wärme der Elektrizität. Der gesamte Widerstand werde mit w bezeichnet. Es ist also pro Sekunde

$$A = i^2 w + i \left\{ \int_{T^0}^{T'} \mu_1 dT + H_{1,2}^{T'} + \int_{T'}^{T''} \mu_2 dT + H_{2,1}^{T''} + \int_{T''}^{T^0} \mu_1 dT \right\}.$$

Die Stromarbeit A wird nun gleich $i \cdot E + i^2 w$ gesetzt, wenn E die elektromotorische Kraft bedeutet, welche an den Enden des Leiters infolge der Temperaturdifferenzen wirksam ist und vom Strom überwunden werden muß.

Besteht 1° Temperaturdifferenz an den Lötstellen, so ist diese elektromotorische Kraft unsere Thermokraft $\partial E/\partial T$, und man hat also wegen $H_{1,2}^{T'} = -H_{2,1}^{T'}$

$$\frac{\partial E}{\partial T} = \frac{\partial H_{2,1}}{\partial T} + \mu_2 - \mu_1. \quad 1)$$

Wir machen weiter die Hypothese, daß die Erzeugung von Peltierwärme und spezifischer Wärme der Elektrizität reversibel sei, weil beide mit der Stromrichtung ihr Vorzeichen umkehren. Bei schwachen Strömen verschwindet die Joulewärme neben der Peltier- und Thomsonwärme; der zweite Hauptsatz

$\int \frac{dQ}{T} = 0$ gewinnt hier die Form

$$\int_{T^0}^{T'} \frac{\mu_1}{T} dT + \frac{H_{1,2}}{T'} + \int_{T'}^{T''} \frac{\mu_2}{T} dT + \frac{H_{2,1}}{T''} + \int_{T''}^{T^0} \frac{\mu_1}{T} dT = 0.$$

Für 1° Temperaturdifferenz wird dies zu

$$\frac{\partial}{\partial T} \frac{H_{2,1}}{T} + \frac{\mu_2 - \mu_1}{T} = 0, \quad 2)$$

da T' und T'' beliebig sind.

Ausdifferenzieren des ersten Ausdrucks liefert

$$\begin{aligned} \mu_2 - \mu_1 &= -T \frac{\partial}{\partial T} \frac{H_{2,1}}{T} = \\ &= \frac{H_{2,1}}{T} - \frac{\partial H_{2,1}}{\partial T}. \end{aligned} \quad 2')$$

Setzt man dies in Gl. 1) ein, so findet man

$$H_{1,2} = -H_{2,1} = -T \frac{\partial E}{\partial T}, \quad a)$$

während Gl. 2) zu

$$\mu_2 - \mu_1 = -T \frac{\partial^2 E}{\partial T^2} \quad \beta)$$

wird. Das Vorzeichen von $\frac{\partial E}{\partial T}$ ist so zu wählen, daß $a)$ erfüllt ist.

Die Gl. 1) und 2) sind natürlich den Gl. α) und β), welche von Lord Kelvin aufgestellt wurden und in allen Theorien auftreten, völlig äquivalent. Kennt man aber außer der verhältnismäßig leicht bestimmbaren und daher meist gut bekannten Thermokraft nur die Peltierwärme oder nur die Differenz der spezifischen Wärmen der Elektrizität einer Kombination zweier Substanzen, wie es häufig der Fall ist, so kann man wenigstens eine der Formeln α) bzw. β) prüfen, nicht jedoch Gl. 1) oder 2). Außerdem kommen in den Gl. α) und β) nur verhältnismäßig leicht bestimmbare Größen vor, während z. B. das im II. Hauptsatz auftretende $\frac{\partial}{\partial T} \frac{H}{T}$ kaum mit der erforderlichen Genauigkeit gemessen werden kann. Aus diesen Gründen sind die beiden Thomsonschen Gl. α) und β) gewöhnlich der Ausgangspunkt der experimentellen Prüfung der Theorie.

2. Elektronentheorie der Thermoelektrizität. Den andern, in neuerer Zeit vielfach begangenen Weg, auf dem man das Ziel zu erreichen sucht, bilden bestimmte Vorstellungen über die Ursache der thermoelektrischen Erscheinungen. Die Farben zu diesem Bilde von den thermoelektrischen Vorgängen liefert die Elektronentheorie, das Handwerkszeug die kinetische Gastheorie und den Rahmen unsre Anschauungen über den Bau der Materie. Die der Theorie der Thermoelektrizität zugrunde liegenden Annahmen wird man für um so richtiger zu halten geneigt sein, je mehr die Folgerungen aus ihnen mit der Erfahrung übereinstimmen.

a) Hilfsmittel. — In der kinetischen Gastheorie denkt man sich die Gasmoleküle als Körperchen, welche konservative Kräfte aufeinander ausüben, d. h. Kräfte, welche nur von der jeweiligen Entfernung der Moleküle voneinander abhängen. Ohne Ordnung bewegen sie sich durcheinander und beeinflussen dabei fortwährend wechselseitig ihre Bahn. Infolge dieser „Zusammenstöße“ ändert jedes Molekül andauernd seine Geschwindigkeit. So verteilt sich die gesamte vorhandene kinetische Energie auf die Moleküle in immer wechselnder Weise, bis endlich ein gewisser Zustand erreicht ist, in welchem für die Geschwindigkeitsverteilung das bekannte Maxwellsche Gesetz gilt: Eine Geschwindigkeit zwischen den Grenzen c und $c + dc$ besitzen

$$N \sqrt{\frac{3m}{4\alpha T}} e^{-\frac{3m}{4\alpha T} c^2} dc$$

Moleküle, wenn N die Molekülzahl pro ccm, m die Masse eines Moleküls, T die absolute Temperatur des Gases und α die Gaskonstante bedeutet; es ist dies der stationäre Zustand. Dann gilt auch die Gleichung

$$\frac{1}{2} m \bar{v}^2 = \frac{1}{2} m \bar{c}^2 = \alpha T$$

für die mittlere kinetische Energie eines Moleküls. (\bar{v}^2 ist der Mittelwert von c^2 , $\alpha = 2 \cdot 10^{-16}$.)

b) Grundlagen. — Den Ausgangspunkt des zweiten Weges finden wir in den modernen Anschauungen über die Konstitution der Materie, auf welche ich daher mit einigen Worten eingehen will. Heute wissen wir, daß die Atome nicht die kleinsten Bausteine der Natur sind, sondern daß sie selbst wieder aus kleineren Teilen gebildet werden, die für alle Atome dieselben sind. Wir haben den Urstoff gefunden, nach dem antike Philosophen und mittelalterliche Alchimisten vergebens suchten.

Radioaktive Elemente senden neben andern noch Strahlen aus, die identisch sind mit den Kathodenstrahlen, welche man schon lange künstlich zu erzeugen vermag. Aber an den radioaktiven Stoffen tritt gleichzeitig eine höchst merkwürdige Veränderung ein: Es entstehen daraus neue Stoffe, welche wieder den Charakter von Elementen besitzen. Unter Emission von Elektronen (und + geladenen Heliumatomen) geht also hier die Verwandlung eines Elementes in andere vor sich.

Ein anderes Phänomen, das uns über den Bau der Atome Aufschluß gebracht hat, ist der Zeemaneffekt. Es zeigte sich dabei nämlich, daß viele für Elemente eigentümliche Spektrallinien von negativen Elektronen emittiert werden. Da diese die kleinste Masse besitzen, welche bisher beobachtet wurde — eine Masse von $8,8 \cdot 10^{-28}$ Gramm, etwa gleich $\frac{1}{2000}$ der Masse des Wasserstoffatoms —, darf man annehmen, daß die Elektronen den längst gesuchten Grundstoff bilden, aus dem sich alle Atome aufbauen. Letzteres geschieht, indem die Elektronen in den Atomen verschiedener Elemente in verschiedener Zahl auftreten und verschiedene räumliche Anordnung befolgen. So erklären sich viele elektrische und optische Eigenschaften; aber auch die chemische Valenz und Affinität wird der Wirkung der Elektronen zugeschrieben. Man kennt die Ursache der Kraft noch nicht, welche die negativen Elektronen entgegen ihrer wechselseitigen Abstoßung im Atom

zusammenhält; denn ein dem negativen entsprechendes positives Elektron hat trotz allen Suchens noch nicht sicher nachgewiesen werden können. Immer war positive Ladung von der Größe des Elementarquantums an Träger gebunden, welche mindestens die Masse eines Wasserstoffatoms besaßen. Hier ist noch eine Lücke auszufüllen; einstweilen muß man sich damit begnügen, die bindende Kraft positiv geladenen Teilen der Atome zuzuschreiben, ohne über deren Beschaffenheit eine weitergehende Aussage zu machen.

Im festen Aggregatzustand sind die Atome nach der kinetischen Theorie an Gleichgewichtslagen gebunden, so daß sie ein Raungitter bilden. Die Wärmeenergie besteht hier einmal in Schwingungsenergie, indem die Atome als Ganzes um ihre Gleichgewichtslage schwingen. Dazu kommt noch die „innere“ Energie der Atome. Auch die Elektronen im Atom schwingen nämlich um ihre Gleichgewichtslagen, die mit stärkerer Bindung in größerer Frequenz, die mit geringerer Kraft in ihre Gleichgewichtslagen gezogen werden, mit kleinerer Schwingungszahl. Erstere senden dabei kurzwelliges Licht aus, letztere langwelliges. So entstehen die Farben der Körper. Ein gebundenes Elektron sendet immer nur Licht von ganz bestimmter Wellenlänge aus, die seiner Eigenfrequenz entspricht. Je höher die Temperatur steigt, um so größer ist die Schwingungsenergie, die äußere der Atome sowohl wie die innere der Elektronen. Ja, es kann vorkommen, daß die Schwingungen eines Elektrons so heftig werden, daß es aus dem Atom herausgeschleudert wird. War das Atom ursprünglich elektrisch neutral, so muß es jetzt einen Überschuß an positiver Ladung aufweisen (Dissoziation bei hoher Temperatur, z. B. in Flammen). Andererseits können sich solche positiven „Atomreste“, die natürlich immer noch die Masse eines Atoms haben, mit freien Elektronen zu neutralen Atomen verbinden.

c) **Spezielle Annahmen.** — In der modernen Elektronentheorie der Thermoelektrizität nimmt man hypothetisch an, daß in einem Leiter I. Klasse eine große Anzahl Elektronen frei beweglich vorhanden ist. Soll der Leiter im ganzen elektrisch neutral sein, so müssen ebensoviele positive Elementarquanta an „Atomreste“ gebunden sein. Wegen der im Leiter enthaltenen Wärmeenergie können die freien Elektronen sich nicht in Ruhe befinden, sondern sie werden in den Zwischenräumen zwischen den verschiedenen Atomen, vielleicht auch inner-

halb der Atome, umherfliegen. Auf ihrem Wege stoßen sie miteinander zusammen, vor allem aber wird ihre Bahn von den Atomen beeinflusst; denn die Zusammenstöße mit letzteren dürften wegen der größeren räumlichen Ausdehnung der Atome weitaus zahlreicher erfolgen wie die freier Elektronen untereinander. Daß die Elektronen nicht aus dem Leiter herausfliegen, hat seinen Grund in der elektrostatischen Anziehung durch die positiven Atomreste.

Der Vergleich mit einem Gase drängt sich nun von selbst auf, um so mehr, als die kinetische Gastheorie viele mathematische Schwierigkeiten gelöst bietet. Daher wird für die Elektronenbewegung nach Drude die Gleichung

$$\frac{1}{2} m v^2 = \alpha T$$

als gültig angenommen, wo m die Masse eines Elektrons ist. Die mittlere kinetische Energie eines freien Elektrons wird hierdurch derjenigen eines Gasmoleküls bei gleicher Temperatur gleichgesetzt. Wegen ihrer großen Masse darf man die Atome im Verhältnis zu den Elektronen als ruhend annehmen, ein Umstand, der die Berechnungen sehr erleichtert. Genau wie die Gasmoleküle werden auch die Elektronen durch ihre Stöße einen Druck p ausüben, und dieser soll durch die Gleichung

$$p = \frac{1}{3} N m v^2$$

gegeben sein, wobei N die Zahl der Elektronen bedeutet, welche im ccm enthalten sind.

Freie Elektronen besitzen das Vermögen kontinuierlicher Absorption und Emission. Denn das Licht besteht aus Transversalschwingungen; darum kommen für die Lichterrregung nur die transversal zur Blickrichtung liegenden Komponenten der Elektronenbewegung in Betracht. Die Projektion der Bewegung freier Elektronen auf eine zur Blickrichtung senkrechte Ebene liefert nun eine Bewegung, welche man nach dem Fourier'schen Theorem betrachten kann als entstanden durch Superposition von Schwingungen aller möglichen Frequenzen. Deshalb besitzt das emittierte Licht gleichfalls kontinuierlich alle Frequenzen, und ebenso kann Licht von beliebiger Schwingungszahl von freien Elektronen absorbiert werden (nach dem Kirchhoff'schen Gesetz absorbiert ein Körper Licht, solcher Wellenlängen, wie er selbst zu emittieren vermag). Nach einer von J. C. Maxwell aufgestellten Formel ist das Absorptionsver-

mögen proportional der elektrischen Leitfähigkeit, die ja durch freie Elektronen bedingt ist.

d) Elektrische Leitfähigkeit. — Zur Erläuterung für das Gesagte gebe ich zunächst die Ableitung der Formel der elektrischen Leitfähigkeit nach Thomson. Wirkt eine konstante Kraft k wie z. B. beim freien Fall auf einen frei beweglichen Körper m ein, so erteilt sie ihm eine Geschwindigkeit, welche während der Zeit t von 0 bis $\frac{k}{m}t$ wächst.

Die mittlere von k erteilte Geschwindigkeit u während der Zeit t ist daher $\frac{1}{2} \frac{k}{m} t$. Der Körper sei ein Elektron; dann ist $k = e\mathcal{E}$, wenn e das elektrische Elementarquantum und \mathcal{E} die Feldstärke bedeutet. Das Elektron gehöre zu einem elektrischen Strom in einem Metalldraht. Seine Stärke i ist dann bekanntlich durch den Ausdruck $i = Nue$ gegeben, wo u die Strömungsgeschwindigkeit darstellt. Letztere ist identisch mit der durch die Kraft $k = e\mathcal{E}$ erteilten mittleren Geschwindigkeit u , welche zur Geschwindigkeit v der Wärmebewegung hinzukommt. Wir haben daher

$$i = Nue = \frac{1}{2} \cdot N \cdot \frac{e^2}{m} t.$$

Wir machen weiter die Annahme, bei jedem Zusammenstoß werde die vorhergehende Wirkung des Feldes \mathcal{E} auf das Elektron vernichtet, d. h. das Elektron soll den infolge des Feldes \mathcal{E} erlangten Zuwachs von kinetischer Energie an die Atome abgeben, wo er als Joulewärme zum Vorschein kommt, und dann wieder mit der mittleren Geschwindigkeit v zu fliegen anfangen. Wenn ferner durch die elektrische Kraft \mathcal{E} die Geschwindigkeit v des Elektrons während seines Fluges nicht wesentlich geändert wird, kann man die Zeit zwischen zwei Zusammenstößen

$$t = \frac{l}{v}$$

setzen, wo l die mittlere freie Weglänge ist. Setzt man dies in den Ausdruck für i ein, so erhält man wegen

$$\frac{1}{2} m v^2 = \alpha T, \quad v = \sqrt{\frac{2\alpha T}{m}}$$

$$i = \frac{1}{2} \frac{N e^2 l \mathcal{E}}{m v} = \frac{1}{2} \frac{N e^2 l}{\sqrt{2\alpha m T}} \mathcal{E}.$$

Durch Vergleich mit

$$i = \sigma \mathcal{E}$$

findet man für die elektrische Leitfähigkeit

$$\sigma = \frac{1}{2} \frac{N e^2 l}{\sqrt{2\alpha m T}}.$$

Nach allen Theorien ist σ proportional $\frac{Nl}{\sqrt{T}}$. Teilt man einem festen Isolator eine Ladung von Elektronen mit, so verteilen diese sich nur sehr langsam, kriechend, in ihm. Schuld daran ist, daß sie allerorts mit den Atomen zusammenprallen und sich daher sozusagen nur auf Umwegen zerstreuen können. Je dichter die Atome beieinander stehen, um so kleiner ist die mittlere freie Weglänge l und daher σ , weshalb die Elektronen in Luft oder gar im luftverdünnten Raum eine größere Flugweite besitzen als z. B. in Hartgummi. Auch in Metallen ist l vermutlich sehr klein, und die Elektronen brauchen ebenfalls lange Zeit, um bei ihrem Zickzackweg eine größere Entfernung vom Ausgangspunkt zurückzulegen. Trotzdem scheint sich eine Ladung fast plötzlich über einen Konduktor auszubreiten. Dies kann man sich nur so erklären, daß in guten Leitern an jeder Stelle Elektronen frei vorhanden sind. Bringt man noch mehr solche auf einen Konduktor, so werden sich sämtliche bereits im Leiter vorhandenen Elektronen etwas verschieben, so daß der Anschein erweckt wird, als ob die auf den Leiter übertragenen Elektronen sich auf ihm verteilt hätten. Das Vorhandensein freier Elektronen ist also die Bedingung für die Möglichkeit der Elektrizitätsleitung in festen Körpern.

e) Wärmeleitung und Wiedemann-Franz'sches Gesetz. — Die Elektronen vermögen ferner einen Teil der Wärmeleitung zu übernehmen, und zwar ohne daß dabei irgendein „Strömen“ von Elektronen vor sich geht. Der Leiter sei z. B. stabförmig, und seine Enden sollen sich auf zwei verschiedenen Temperaturen befinden. An dem wärmeren Stabende haben die Elektronen wegen der Gleichung $\frac{1}{2} m v^2 = \alpha T$ eine größere mittlere kinetische Energie als am andern Ende. Durch einen Querschnitt des Stabes hindurch gehen nach beiden Richtungen gleich viele Elektronen, wenn kein elektrischer Strom vorhanden ist; die in der Richtung zum heißen Stabende hindurchgehenden besitzen indessen im Mittel eine geringere kinetische Energie als die in der umgekehrten Richtung hindurchgehenden, und so tritt ein Ausgleich der Temperaturen ein. Die Formeln für die Wärmeleitung durch Gasmoleküle lassen sich ohne weiteres auf die Elektronen anwenden. Daher ergibt sich nach allen Theorien die von den freien Elektronen bewirkte Wärmeleitfähigkeit κ proportional $l \cdot N \sqrt{T}$. Dividiert man die elektrische durch die Wärmeleit-

fähigkeit, so ist der erhaltene Quotient von l und N unabhängig und der absoluten Temperatur umgekehrt proportional. Dies ist das Wiedemann-Franzsche Gesetz, welches ausagt, daß der Quotient κ/σ für alle Substanzen bei gleicher Temperatur denselben Wert hat.

f) Kontaktpotentialdifferenz. — Wir wenden uns nun zur Darstellung der Kontaktpotentialdifferenz und betrachten zwei Metalle von gleicher Temperatur, in denen die Zahl der im ccm enthaltenen freien Elektronen N_1 bzw. N_2 ist. Wegen der Temperaturgleichheit ist die mittlere kinetische Energie der Elektronen in beiden Metallen dieselbe. Die Drucke p verhalten sich nach der Gleichung $p = \frac{1}{3} N m c^2$ wie die Zahlen N_1 und N_2 zueinander. Bringt man die Metalle in Kontakt, so wird sich der Druck p in beiden auszugleichen suchen. Negative Elektronen fließen hierbei von dem an freien Elektronen reicheren Metall, das wir mit I bezeichnen wollen, nach dem Metall II über. Hierdurch erhält I einen Überschuß an positiven Ladungen; II ist negativ geladen. Die resultierende Potentialdifferenz verhindert einen völligen Ausgleich des Druckes p . Das Strömen der Elektronen findet so lange statt, bis der Druck $p_1 = p_2$ der elektrischen Kraft Gleichgewicht hält; die entstandene Potentialdifferenz nennen wir Kontaktpotential.

g) Peltierwärme. — Sind die beiden Metalle in einen elektrischen Stromkreis eingeschaltet, und fließt der positive Strom von II nach I , so zirkulieren negative Elektronen von I nach II und von dort durch die übrige Leitung nach I zurück. An der Kontaktstelle II/I fließen also die Elektronen in der Richtung, welche die aus der Kontaktpotentialdifferenz sich ergebende Kraft besitzt. Hierzu muß Energie aufgewendet werden, welche dem Metall entzogen wird; letzteres kühlt sich daher entsprechend ab. Entgegengesetzte Stromrichtung würde eine Wärmeproduktion an der Kontaktstelle hervorrufen. Die Peltierwärme muß ihrem Betrag nach gleich der Kontaktpotentialdifferenz sein; denn allgemein hat man nach Definition des Begriffs „Spannung“ eine Wärmeentwicklung vom Betrag Spannung mal Stromstärke in einem Leiter, wenn ein positiver Strom in der Richtung der elektrischen Kraft fließt.

h) Spezifische Wärme der Elektrizität. — In ähnlicher Weise kommt zum Teil die spezifische Wärme der Elektrizität μ zustande. Ein isolierter stabförmiger Leiter besitze ein Temperaturgefälle von dem einen gegen das andere Ende. Wären die Elek-

tronen elektrisch neutrale Gasmoleküle, welche im Stab frei beweglich sind, so müßten in einer Volumeinheit am heißen Ende weniger solche Moleküle enthalten sein als am kalten Ende; denn der Druck $p = \frac{1}{3} N m v^2$ ist in einem Gase überall gleich stark, also müßte

$$\text{wegen } \frac{1}{2} m v^2 = \alpha T \quad N = \frac{3 p}{m v^2} = \frac{3 p}{2 \alpha T},$$

also umgekehrt proportional T ; sein. Die im Mittel rascher fliegenden Moleküle am heißen Stabende drängen die langsameren Moleküle am kalten Ende gegen dieses hin zurück, bis N umgekehrt proportional T ist. Die Elektronen besitzen jedoch eine Ladung. Daher entsteht eine elektrische Kraft, welche es verhindert, daß N proportional T ist. Indem sich die Elektronen unter dem Einfluß dieser „Thomsonkraft“ verschieben, entstehen Druckdifferenzen im Elektronen-Gas; beide Kräfte, die Druckdifferenzen und die Thomsonkräfte, müssen sich im stationären Zustand gerade kompensieren; letztere ist vom heißen zum kalten Ende gerichtet. Schickt man einen positiven elektrischen Strom in dieser Richtung hindurch, so bewirken die Elektronen 1. Joulewärme und 2. Wärmeleitung; 3., da sie entgegengesetzt der Richtung der Thomsonkraft fließen, erzeugen sie Erwärmung, weil die Thomsonkraft die Energie der Elektronen erhöht und diese die so gewonnene Energie an die Stabmoleküle abgeben; 4. treten infolge des Stromes durch eine dem heißen Ende des Stabes zugekehrte Grenzfläche eines Volumelementes zwar ebenso viele, jedoch im Mittel raschere Elektronen durch Strömung aus als in das Volumelement an der entgegengesetzten Grenzfläche eintreten. Es findet also eine Mitführung von Kälte durch den Strom der Elektronen statt. 3 und 4 setzen sich zusammen zu der Wärmewirkung, welche man die spezifische Wärme der Elektrizität nennt. J. J. Thomson erhält für sie den Ausdruck

$$\mu = \frac{\alpha}{3 \epsilon} \left\{ 1 - 2 T \frac{d}{dT} \log N \right\}.$$

Die Formeln von Drude und Lorentz sind von dieser nur durch eine additive Konstante verschieden.

i) Thermokraft und Peltierwärme. — Die Thermokraft setzt sich zusammen aus den beiden Kontaktpotentialen und den Thomsonspannungen. Nach Formel β) ist

$$\frac{dE}{dT} = \frac{2 \alpha}{3 \epsilon} \log \frac{N_2}{N_1}.$$

Dieselbe Formel gibt auch A. H. Lorentz an. Für die Peltierwärme Π erhält man nach α)

$$H_{1,2} = -\frac{2\alpha T}{3\epsilon} \log \frac{N_2}{N_1} = \frac{2\alpha T}{3\epsilon} \log \frac{N_1}{N_2}.$$

Eine ähnliche Formel findet sich in der Theorie der Elektrolyse in analoger Bedeutung wieder (Nernst, Theoretische Chemie, S. 743).

3. Experimentelle Prüfung der Theorie. a) Die Formeln für die elektrische Leitfähigkeit. — Eine experimentelle Prüfung der Ergebnisse der Theorie ist schon wiederholt vorgenommen worden. Die elektrische Leitfähigkeit der Metalle wurde angenähert umgekehrt proportional mit der absoluten Temperatur gefunden. Da nach der Theorie σ proportional $\frac{Nl}{\sqrt{\alpha T}}$ ist, und N sich im allgemeinen bei gut leitenden Metallen nicht sehr mit T ändern dürfte, schließen Riecke und Koenigsberger, daß die freie Weglänge proportional $\frac{1}{\sqrt{T}}$ ist, d. h. daß die Zwischenräume

zwischen den Atomen mit steigender Temperatur stark abnehmen. Andererseits nehmen die Abstände der Molekülmittelpunkte wegen der geringen thermischen Ausdehnung der Metalle mit der Temperatur sogar nur ein Geringes zu, so daß man annehmen muß, daß die Atome selbst sich mit steigender Temperatur stark ausdehnen. Aber auch N ist von der Temperatur nicht unabhängig; man folgert dies aus dem Verhalten von Halbmatalen und metallisch leitenden Oxyden und Sulfiden. Der Widerstand der letzteren läßt sich nämlich nach Koenigsberger angenähert

durch die Formel $w = w_0 (1 + \alpha T + \beta T^2) e^{-\frac{q}{T}}$ darstellen, worin der Exponentialfaktor die Vergrößerung von N mit wachsender Temperatur angibt¹⁾. w_0 , α und β sind von Substanz zu Substanz variierende Konstanten, deren genauere Deutung noch aussteht.

$R \cdot q = 1,985 \cdot q$ ist die Wärmemenge, welche zur Dissoziation eines Grammmoleküls neutraler Atome in positive Metallatomreste

¹⁾ Die Bedeutung des Exponentialfaktors ergibt sich durch Anwendung der Gleichung der Reaktionsisochore

$$U = -R T^2 \frac{d}{dT} \log k$$

auf den in der Einleitung beschriebenen Dissoziationsvorgang. Diese Gleichung erlaubt, die Wärmemenge $-U$ in Grammkalorien zu berechnen, welche pro Gramm-Atom zugeführt werden muß, wenn bei konstant gehaltenem Volumen die Temperatur um 1° C erhöht wird, und die Ab-

und freie Elektronen bei 0° C erforderlich ist. Das entstehende „Grammolekül Elektron“ sind so viele Gramme des Elektronengases, als das „Molekulargewicht“ angibt. Letzteres ist etwa $\frac{1}{2000}$, da ein Elektron ungefähr $\frac{1}{2000}$ der Masse des Wasserstoffatoms besitzt. Die Wärmemenge, welche man zuführen muß, um die Temperatur eines Grammes der Substanz um 1° C zu erhöhen, dient demnach außer zur Erhöhung der Wärmebewegung der Moleküle noch zur Vermehrung der inneren Energie derselben (Schwingungsenergie gebundener Elektronen), ferner zur Vergrößerung der kinetischen Energie der freien Elektronen und schließlich zur Abspaltung gebundener Elektronen aus den Atomen.

Es ist für

Silber . . .	$q = 2$	Quarz . .	$q = 10000$
Kupfer . . .	5	Korund . .	10700
Eisen . . .	20	Baryt . .	12200
Graphit . .	320	Diopsid . .	14000
Eisenoxyd .	1360	Chlorsilber	15000
Kupferoxydul	2500	Kalihydrat	

Die Tabelle gibt einen ungefähren Begriff von den Werten von q für verschiedene Substanzen. Die fünf letzten Substanzen leiten elektrolytisch. Ist also $q > 10000$, so zerfällt das Atom leichter in Ionen, als daß Elektronen aus ihm frei werden; $q = 10000$ bildet daher etwa die Grenze zwischen Elektronen- und Ionenleitung. Der Übergang erfolgt natürlich stetig, so daß in manchen Substanzen Elektronen- und Ionenleitung gleichzeitig vorhanden ist. In der Tabelle sind Metalle aufgeführt; die Formel für w gilt nach Koenigsberger nämlich auch für diese mit der Maßgabe, daß q meist um so kleiner ist, je besser ein Metall die Elektrizität leitet. Aus der Bedeutung und dem betr. Zahlrat des Exponentialfaktors folgt, daß aus den Metallatomen bei gewöhnlicher Temperatur fast keine Elek-

hängigkeit der Gleichgewichtskonstanten k von der Temperatur bekannt ist. Integration der Gleichung

liefert $\log k = \frac{U}{RT}$; setzt man $\frac{U}{R} = -q$, so ist

$$\log k = \log \frac{N}{N_0} = e^{-\frac{q}{T}}$$

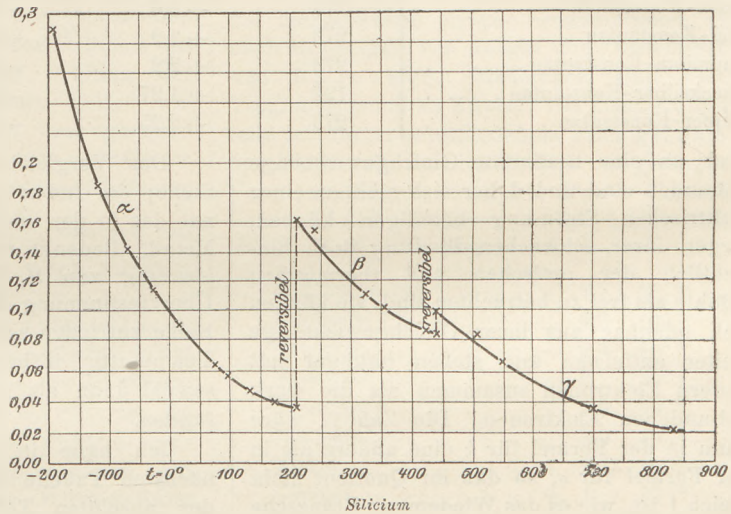
und hieraus

$$N = N_0 e^{-\frac{q}{T}}.$$

Die Gaskonstante R hat den Wert 1,985, und N_0 ist die Zahl der im ccm enthaltenen freien Elektronen, wenn alle Elektronen abdissoziiert sind.

tronen mehr abdissoziieren. Nach der Koenigsbergerschen Formel müßte der Widerstand mit sinkender Temperatur fallen bis zu einem Minimalwert, um hierauf bei weiterer Temperaturenniedrigung wieder zu steigen. Für gut leitende Metalle liegt der Minimalpunkt des Widerstandes sehr tief und ist experimentell noch nicht gefunden worden; dagegen ist er bei manchen Halbleitern, z. B. bei Eisenoxyduloxyd, bequem zu beobachten (bei 220°C, Reichenheim, Schilling).

Sprungweise Änderung des Widerstandes bei Änderungen des Aggregatzustandes, z. B. am Schmelzpunkt von Zinn, Blei, war schon lange bekannt. Solche Änderungen wurden neuerdings auch an festen Substanzen beobachtet. So besitzt Nickel einen Umwandlungspunkt bei etwa 360°C; ja manche feste Körper wie Silicium besitzen deren sogar mehrere, was nebenstehende Figur zeigt. Solche Umwandlungen sind oft begleitet von starken Änderungen magnetischer Eigenschaften, der Thermokraft usw. Vermutlich ändern sich gleichzeitig noch viel mehr Eigenschaften sprunghaft, als man bis jetzt beobachtet hat.



	$\frac{k}{\sigma}$	Temperatur- koeffizient %
Aluminium	$6,36 \cdot 10^{-6}$	0,437
Kupfer	$6,71 \cdot 10^{-6}$	0,395
Silber	$6,86 \cdot 10^{-6}$	0,377
Gold	$7,09 \cdot 10^{-6}$	0,375
Nickel	$9,10 \cdot 10^{-6}$	0,393
Eisen	$8,38 \cdot 10^{-6}$	0,440
Zink	$6,72 \cdot 10^{-6}$	0,385
Kadmium	$7,06 \cdot 10^{-6}$	0,375
Blei	$5,15 \cdot 10^{-6}$	0,407
Zinn	$7,35 \cdot 10^{-6}$	0,340
Platin	$7,53 \cdot 10^{-6}$	0,464
Palladium	$7,54 \cdot 10^{-6}$	0,464
Wismut	$9,64 \cdot 10^{-6}$	0,151
Konstantan	$1,106 \cdot 10^{-5}$	0,239
Graphit	$1,1 \cdot 10^{-3}$	
Silicium	$7 \cdot 10^{-2}$	
Eisenglanz	$2 \cdot 10^{-1}$	

b) Das Wiedemann-Franz'sche Gesetz. — Wie beistehende Tabelle zeigt, hat das

Verhältnis k/σ für viele Metalle nahezu denselben Wert; auch der Temperaturkoeffizient des Verhältnisses, der nach der Theorie bei $0^\circ \text{C } \frac{1}{273} = 0,367$ sein soll, stimmt vielfach recht gut. Hier erfolgt demnach die Wärmeleitung fast ausschließlich durch dieselben Elektronen, die den elektrischen Strom leiten. Indessen sind doch auch systematische Abweichungen zu bemerken. Für Legierungen war dies schon lange bekannt, und man hat eine Reihe von Theorien aufgestellt, welche die Ursache in der Mischung verschiedener Substanzen erblicken. Diese Theorien müssen

für einfache Körper wie Graphit, Silicium, Eisenoxyd usw. versagen. Außerdem sind die Theorien verschiedentlich durch Experimente an Metallgemischen als falsch erwiesen worden. Reinganum hat berechnet, daß auch die bei den Elektronenzusammenstößen erfolgende Strahlung von elektromagnetischen Wellen, welche bekanntlich Energie mit sich führen, eine so hohe Wärmeleitfähigkeit nicht veranlassen kann; man muß sie daher der Wirkung gebundener Elektronen oder molekularer Vorgängen zuschreiben. Hiermit stimmt überein, daß auch elektrische Isolatoren Wärmeleitfähigkeit besitzen, obwohl doch in den Isolatoren gar keine frei beweglichen Elektronen vorhanden sind; daß ferner in metallischen Leitern mit geringer Leitfähigkeit neben der selektiven, von gebundenen Elektronen herrührenden noch eine kontinuierliche Absorption stattfindet, welche bedeutend stärker ist, als man nach dem Werte der elektrischen Leitfähigkeit erwarten sollte. Diese Körper besitzen zugleich eine weit höhere Wärmeleitfähigkeit, als dem Wiedemann-

Franzschens Gesetz entspricht. Es scheint darum, als ob die in geringer Frequenz schwingenden Elektronen, welche zwar immer

gemessen. Wenn sich das Vorzeichen von $-\Pi_{1,2}/T$ positiv ergibt, fließt der Thermostrom an der heißen Lötstelle zum Vergleichsmetall.

Kombination	abs. Temp.	$\Pi_{1,2} \cdot 10^3$	$-\frac{\Pi_{1,2}}{T} \cdot 10^6$	$\frac{\partial E}{\partial T} \cdot 10^6$
Silber-Kupfer	273	+ 0,115	- 1,69	- 2,12
Eisen-Kupfer	273	+ 0,88	- 12,2	- 11,28
Platin-Kupfer	273	- 0,089	+ 1,24	+ 1,4
Zink-Kupfer	273	+ 0,163	- 2,40	- 1,51
Kadmium-Kupfer	273	+ 0,171	- 2,5	- 2,64
Nickel-Kupfer	273	- 1,21	+ 17,7	+ 20,03
Nickel-Kupfer	368	- 2,15	+ 23,4	+ 25,1
Eisen-Konstantan	273	+ 3,0	- 44,0	- 47,6
Blei-Konstantan	273	+ 1,9	- 27,8	- 27,0
Kadmium-Konstantan	273	+ 2,2	- 32,2	- 37,8
Quecksilber-Konstantan	192	+ 1,27	- 26,4	- 27,0
Kupfer-Konstantan	273	+ 2,25	- 33,0	- 39,2

noch an eine bestimmte Gleichgewichtslage gebunden sind und daher sich nicht an einer elektrischen Strömung beteiligen können, wegen ihrer schwachen Bindung doch hinsichtlich der optischen und thermischen Effekte als frei zu betrachten sind; sie können sich offenbar aus ihrer Gleichgewichtslage weiter entfernen und stoßen häufiger mit andern Elektronen zusammen als die stark gebundenen Elektronen. Die Zahl N wäre dann in der Formel für k eine andere als in der Formel für σ , so daß ihr Quotient nicht gleich 1 ist, wie es das Wiedemann-Franzsche Gesetz voraussetzt.

Nach der Theorie von Lorentz hat $k/\sigma = \frac{8}{9} \left(\frac{\alpha}{\epsilon}\right)^2 T$ für $T = 300^\circ \text{C}$ den Wert $4,4 \cdot 10^{10} \text{ cgs}$ oder $4,4 \cdot 10^{-6}$, wenn man σ in reziproken Ohm, k in Wattsec/cm. Zentesimalgrad mißt, wie wir es getan haben; nach J. J. Thomson ist $\frac{k}{\sigma} = 6,3 \cdot 10^{-6}$.

c) Reversibilität. — Die Messungen von Jaeger und Diebelhorst, Jahn, Lecher, Berg, Cermak gestatten eine Prüfung der beiden Formeln α) und β). In der folgenden Tabelle stehen in der dritten Reihe die von Jahn und Cermak gemessenen Werte von $\Pi_{1,2}$ in Grammkalorien für die in der ersten Reihe genannten Kombinationen bei den in der zweiten Reihe genannten absoluten Temperaturen; in der vierten Reihe stehen die Quotienten $-\Pi_{1,2}/T$ in Watt. Letztere sollen nach Formel α) gleich der Thermokraft bei der in der zweiten Reihe genannten Temperatur sein. Die bei diesen Temperaturen wirklich beobachteten Thermokräfte stehen in der fünften Reihe. Π und $\partial E/\partial T$ sind jeweils am gleichen Material

Das Vergleichsmetall steht an zweiter Stelle; der Index 1 in $\Pi_{1,2}$ bzw. $\Pi_{2,1}$ bezeichnet das in der ersten Reihe zuerst genannte Metall. Bedenkt man die Schwierigkeit der Messung von $\Pi_{1,2}$, so wird man mit der Übereinstimmung der vierten mit der fünften Reihe zufrieden sein. Daß bei der neutralen Temperatur insbesondere $\Pi = 0$ ist, hat sowohl Jahn als auch Lecher bestätigt gefunden.

Ich habe in der zweiten Reihe der nächsten Tabelle die Werte von μ bei 323° der absoluten Temperaturskala nach den Untersuchungen von Lecher, Berg, Cermak und J. Weiß für die in der ersten Reihe genannten Substanzen eingetragen; die Maßeinheit sind 10^{-7} Grammkalorien. In der dritten Kolumne stehen die hieraus berechneten Werte von $\frac{\mu_1 - \mu_2}{T}$ in Watt $\cdot 10^{-9}$, wenn μ_2 die spezifische Wärme der Elektrizität für die in der ersten Reihe genannte Substanz, μ_1 diejenige für Kupfer bedeutet.

Kadmium	+ 23	- 24,4	- 21,25
Silber	+ 7,8	- 5,6	+ 2,5
Zink	+ 7,6	- 5,32	- 6,25
Kupfer	+ 3,3	0	0
Blei	+ 0,5	+ 3,47	+ 6,25
Aluminium	- 0,7	+ 4,96	+ 6,25
Zinn	- 0,9	+ 5,2	+ 11,25
Platin	- 22,5	+ 31,8	+ 33,65
Eisen	- 25	+ 35,0	+ 36,25
Konstantan ²⁾	- 50,0	+ 68,1	+ 76,25
Molybdänsulfid	- 270	+ 300	
Silizium	- 2000	+ 2250	0

²⁾ Der Wert von μ ist extrapoliert.

In der letzten Reihe stehen die Werte von $\frac{\partial^2 E}{\partial T^2}$ in Volt $\cdot 10^{-9}$, welche sich bis auf Silizium aus sehr genauen Messungen von Jaeger und Diebelhorst für 323° absolut ergeben. Sie sollten nach Formel β) mit den Zahlen in der dritten Reihe übereinstimmen. Die Zahlen in Kolumne 3 sind an anderem Material gewonnen wie die in der vierten Reihe; hieraus und aus der Schwierigkeit der Messungen dürften sich wieder die Unterschiede erklären. Die Angaben über μ gehen bei verschiedenen Autoren manchmal um mehr als 100 % auseinander. Es ist diese große Abhängigkeit der thermoelektrischen Eigenschaften von der Reinheit des Materials natürlich bei der Prüfung der Theorie sehr störend; deshalb sollten womöglich alle Erscheinungen am gleichen Material untersucht werden. Nur bei Silicium scheint die Formel nicht zu stimmen; indessen ist hier der Wert 0 von $\frac{\partial^2 E}{\partial T^2}$, den ich auf Grund von Messungen von Wick annahm, möglicherweise nicht richtig.

Es wäre allerdings nicht ausgeschlossen, daß die Formeln α) und β) für Silicium nicht gelten. Wie aus der Tabelle der Leitfähigkeiten ersichtlich ist, spielt bei Silicium die Wärmeleitung eine sehr viel größere Rolle als z. B. bei dem elektrisch gleich gut leitenden Eisen. Wo aber Wärmeleitung merklich in Frage kommt, hat man keine reversibeln Vorgänge mehr, so daß auch die Gleichung $\int \frac{dQ}{T} = 0$ nicht anwendbar ist.

d) Kontaktpotentialdifferenz. — Das über die Kontaktpotentialdifferenz vorliegende Beobachtungsmaterial ist sehr reichlich, aber ebenso widerspruchsvoll. Die elektrometrisch gemessene Spannung zwischen zwei verschiedenen sich berührenden Metallen ergab sich durchweg sehr viel größer, als man nach der Peltierwärme erwarten mußte, nämlich von der Größe der Spannung galvanischer Elemente; außerdem war sie abhängig von den Versuchsanordnungen. Schließlich zeigte es sich, daß dies dem Auftreten chemisch einwirkender Oberflächenschichten zuzuschreiben ist. Als es Greinacher durch Anwendung von Phosphorpentoxyd, Erwärmen auf 170° C und Arbeiten in einer Stickstoffatmosphäre gelang, die auf den Metallen stets vorhandene dünne Wasserhaut zu beseitigen, fand er, daß die Spannung zwischen den Metallen auf einen sehr geringen Bruchteil des ursprünglichen Wertes sank. Er ent-

schied damit den ein Jahrhundert währenden Streit über die sogenannte „Voltasche Spannung“ im Sinne unsrer Theorie. Die Kontaktpotentialdifferenz für die Kombination Zink-Kupfer beträgt demnach bei 300° in absoluter Temperaturskala $+ T \cdot \frac{\partial E}{\partial T}$ Volt = $-300 \cdot 0,1 \cdot 10^{-6} = -3 \cdot 10^{-5}$ Volt, für Eisen-Kupfer $-300 \cdot 8,4 \cdot 10^{-6} = -2,52 \cdot 10^{-3}$ Volt, da nach Jaeger und Diebelhorst $\frac{\partial E}{\partial T}$ für Zink-Kupfer $-0,1 \cdot 10^{-6}$, für Eisen-Kupfer $-8,4 \cdot 10^{-6}$ Volt beträgt.

e) Thermokräfte. — Ich gebe zunächst die Thermokräfte einiger Kombinationen an nach Messungen von Jaeger und Diebelhorst, und Bädecker. Maßeinheit sind Volt, Vergleichsmetall ist Kupfer. Bei Eisen-Kupfer teile ich die an verschiedenem Eisen gefundenen Werte mit, um den Einfluß von geringen Verunreinigungen zu zeigen. Das + -Zeichen bedeutet, daß der Strom an der heißen Lötstelle zum Kupfer fließt.

Molybdänsulfid	+ 7,7 $\cdot 10^{-4}$
Kupferoxydul	+ 4,9 $\cdot 10^{-4}$
Arsenikies	+ 2,4 $\cdot 10^{-4}$
Eisenoxyduloxyd	+ 6 $\cdot 10^{-5}$
Konstantan	+ 3,9 $\cdot 10^{-5}$
Kadmiumoxyd	+ 3,0 $\cdot 10^{-5}$
Nickel	+ 2,23 $\cdot 10^{-5}$
Graphit	+ 1 $\cdot 10^{-5}$
Platin	+ 6,1 $\cdot 10^{-6}$
Blei	+ 2,9 $\cdot 10^{-6}$
Gold	0
Silber	0
Zink	- 1 $\cdot 10^{-7}$
Kadmium	- 6 $\cdot 10^{-7}$
Kupfersulfid	- 7,3 $\cdot 10^{-6}$
Eisen	- 8,4 $\cdot 10^{-6}$
	bzw. - 11,6 $\cdot 10^{-6}$
Eisensulfid	- 2,6 $\cdot 10^{-5}$
Eisentitanoxyd	- 1,4 $\cdot 10^{-4}$
Silizium	- 5 $\cdot 15^{-4}$

Wir setzen $\frac{\partial E}{\partial T}$ in unsre Thermokraftformel

$$\frac{\partial E}{\partial T} = \frac{2\alpha}{3\varepsilon} \log \frac{N_{II}}{N_I}$$

ein und berechnen $\frac{N_{II}}{N_I}$. Hierzu müssen wir den Wert von α kennen. Aus $p = \frac{1}{3} N m v^2$ folgt für Gase

$$\frac{1}{2} m v^2 = \frac{3p}{2N} = \alpha T;$$

bei 760 mm Quecksilber und 0°C ist $p = 10^6$, $T = 273$ und $N = 2,76 \cdot 10^{19}$; daher $\alpha = 2 \cdot 10^{-16}$. Nach Planck, Rutherford und Millikau ist $\epsilon = -1,56 \cdot 10^{-20}$; also wird

$$\frac{3\epsilon}{2\alpha} = -1,17 \cdot 10^{-4}.$$

Für die Kombination Silicium-Kupfer ist demnach

$$\log \frac{N_{II}}{N_I} = 5 \cdot 10^{-4} \cdot 1,17 \cdot 10^{-4} \cdot 10^8 = 5,85,$$

da 1 Volt = 10^8 elektromagnetische Einheiten ist. Man erhält

$$N_{II} = N_I \cdot e^{5,85} = N_I \cdot 733,$$

d. h. Silizium hätte im ccm 733mal so viel freie Elektronen wie Kupfer, Kupferoxydul, dagegen nur etwa den $\frac{1}{733}$ Teil der Elektronen wie Kupfer und Molybdänsulfid noch bedeutend weniger. Nun sind die elektrischen Leitfähigkeiten von Silizium 15, Kupfer $50 \cdot 10^4$ und Molybdänsulfid 2. Daher müßte nach der Formel J. J. Thomsons für σ die freie Weglänge in Molybdänsulfid etwa 10^5 mal so groß sein wie in Silicium, was allen bisherigen Anschauungen widerspricht.

Dabei ist zu bedenken, daß beim Kontakt zweier Metalle sogar ein Ausgleich der Elektronenzahl stattfindet, daß also vor dem Kontakt die Zahl der Elektronen in den beiden Substanzen noch mehr verschieden war und daher der Unterschied der freien Weglängen noch größer sein dürfte. Übrigens findet ein solcher Ausgleich bei der neutralen Temperatur nicht statt. Für Eisen-Silber ist z. B. die neutrale Temperatur nach Palme etwa bei 240°C , für Eisen-Kupfer nach Lecher bei 255°C . Bei diesen Temperaturen wäre nach der Elektronentheorie der Thermo-

elektrizität die Zahl N der freien Elektronen im ccm Eisen, Silber und Kupfer gleich, während die Leitfähigkeiten $1,6 \cdot 10^4$, $20 \cdot 10^4$ und $25 \cdot 10^4$ sind. Umgekehrt wie diese Zahlen müßten sich daher die freien Weglängen verhalten. Bei Zimmertemperatur müßte N in Eisen größer, oberhalb 255°C kleiner sein als in Silber und Kupfer, da die Thermokraft von Eisen-Kupfer bei Zimmertemperatur wie die von Silicium-Kupfer negativ ist. N würde in Eisen hiernach weniger zunehmen als in Kupfer oder in Silber.

Andererseits muß man nach der Koenigsbergerschen Theorie auf Grund der Werte von q annehmen, daß N in Eisen stärker zunimmt als in Silber und Kupfer. Die Elektronentheorie der Thermoelektrizität verwickelt sich demnach in Widersprüche mit anderen Erscheinungen.

An den Umwandlungstemperaturen einer Substanz zeigt die Kurve für E nach Obermeyer, Campbell und Minarelli einen Knick. Letztere Beobachter haben einen solchen am Schmelzpunkt leichtflüssiger Legierungen konstatiert. Nach Harrison und Hevesy äußert sich die Umwandlung des Nickels bei 380° in gleicher Weise. Einem Knick der E -Kurve entspricht aber ein Sprung von $\frac{\partial E}{\partial T}$; nach der Formel der Thermokraft folgt daraus, daß sich N beim Durchschreiten der Umwandlungstemperatur sprunghaft ändert. Hiermit dürfte die sprunghafte Widerstandsänderung in Zusammenhang stehen, welche man bei denselben Temperaturen beobachtet hat.

Literatur: J. J. Thomson, Korpuskulartheorie der Materie, und Bädecker, Elektrische Erscheinungen in metallischen Leitern. (Bei Fr. Vieweg & Sohn.) J. Weifs.

3. Geschichte und Erkenntnislehre.

Johannes Hevelius. Zum 300. Geburtstage hat F. S. ARCHENHOLD dem hervorragenden Astronomen ein Gedenkblatt (*Das Weltall, XI. Jahrg., Heft 10*) gewidmet, das auch in Sonderausgabe mit mehreren Porträts und zahlreichen sonstigen Abbildungen im Text erschienen ist¹⁾. Wir entnehmen daraus folgende Angaben. Johannes Hevelius wurde in Danzig am 28. Januar 1611 als Sohn eines Brauereibesitzers geboren. Er hat selbst zeitlebens den Beruf eines Bierbrauers und

Ratsherrn gewissenhaft ausgefüllt und daneben selbst während der Wirren des dreißigjährigen Krieges jede freie Stunde der Astronomie gewidmet. In früher Jugend schon wurde er von dem bekannten Mathematiker und Astronomen Peter Crüger in die Astronomie und insbesondere auch in die Lehre des Kopernikus eingeführt und durfte ihm bei seinen Beobachtungen wie auch bei der Konstruktion von Sonnenuhren, Himmelsgloben und Armillarsphären zur Hand gehn, wobei er sich eine große Fertigkeit in mechanischen Künsten aneignete. Auf einer mehrjährigen Reise zum Studium der Rechts- und

¹⁾ Verlag der Treptow-Sternwarte, Berlin-Treptow. 22 S. M 1,—.

Verwaltungswissenschaften lernte er Wallis, Gassendi und viele andere Gelehrte kennen. Einer inständigen Bitte folgend, die sein ehemaliger Lehrer Crüger wenige Tage vor seinem Tode ihm aussprach, wandte er sich vom Jahre 1639 an aufs eifrigste wieder der Astronomie zu und errichtete 1641 eine Sternwarte, die er Stellaeburgum nannte. Über mehrere ihm gehörige Häuser hinweg ließ er eine große Plattform aufführen, auf der sich

danken der Schild des Sobieski, die Jagdhunde Asterion und Chara, die dem Bootes beigegeben sind, ferner der kleine Löwe und der Luchs (*Lynx*) ihre Versetzung an den Himmel dem Hevelius.

Die Verbesserungen, die Hevelius an den Winkelmeßinstrumenten anbrachte, betreffen erstlich die leichtere Beweglichkeit der großen und schweren Instrumente, dann deren sichere und leichte Einstellung, die möglichst genaue



zwei Beobachtungspavillons für einen Quadranten und einen sechsfüßigen Sextanten sowie ein dritter für den Astronomen befanden. Hier stellte er auch die ersten Fernrohre von $1\frac{1}{2}$ bis 4 m Länge auf; später baute er solche bis zu 10 m, deren Objektive an einem Geländer durch Rollen und Stricke auf und ab bewegt werden konnte. Noch größere Fernrohre, von 18 m und endlich gar von 45 m Länge, kamen weniger häufig in Gebrauch, weil ihre Aufstellung und ihre Bewegung mit Schwierigkeiten verknüpft war. Auch eine Druckerei hatte Hevelius in seinem Hause angelegt, in der u. a. ein prachtvoller Sternatlas gedruckt wurde (von dem die Schrift mehrere ausgezeichnete Bilder wiedergibt). Unter den dargestellten Sternbildern ver-

Einteilung des Limbus mit Anwendung von Nonius und Mikrometerschraube, eine sinnreiche Einrichtung des Diopters sowie die Einrichtung des Drehpavillons. Mit dem von Scheiner entlehnten und verbesserten Helioskop beobachtete er 1661 die Sonnenfinsternis, indem er das Sonnenbild durch ein Fernrohr in ein verdunkeltes Zimmer auf Papier fallen ließ, das andauernd in senkrechter Lage zur Fernrohrachse gehalten wurde. Auf Grund sorgfältiger Beobachtungen gab er 1647 ein großes Werk über den Mond, die Selenographie, heraus, die neben vielen Einzeldarstellungen die erste vollständige Mondkarte enthält. Er entdeckte vier Kometen in den Jahren 1652, 1661, 1664, 1677 und beobachtete den von 1672 so genau, daß in unsrer Zeit

Berberich aus den Beobachtungen eine definitive Bahn ableiten konnte; er bestimmte die Periode des veränderlichen Sterns Mira im Walfisch zu 11 Monaten, maß zuerst den Abstand des Doppelsternpaares 61 Cygni und machte Tausende von Messungen an Mondkratern, Sonnenflecken und Planetenerscheinungen.

Schwere Schicksalsschläge, wie namentlich ein Brand, der 1679 Sternwarte, Biblio-

thek und Druckerei in Asche legte, blieben dem unermüdlischen Forscher nicht erspart; er starb an seinem 76. Geburtstage im Jahre 1687.

Die genannte Gedenkschrift gibt neben einer größeren Zahl von Abbildungen aus den Werken des Hevelius eine Auswahl interessanter Briefe an und über Hevelius sowie ein genaues Verzeichnis seiner Schriften und der über ihn vorhandenen Literatur. P.

4. Unterricht und Methode.

Ein Erlaß des preußischen Unterrichtsministers über die physikalischen und chemischen Reifeprüfungsarbeiten (U II 1898, 15. Februar 1911). „Die in den Reifeprüfungen des Ostertermins 1910 an den preußischen Realgymnasien und Oberrealschulen angefertigten physikalischen und chemischen Arbeiten sind von den Königlichen Wissenschaftlichen Prüfungskommissionen auf meine Veranlassung hin einer Durchsicht unterzogen worden.

Von den Gutachtern wird im allgemeinen anerkannt, daß die Leistungen im physikalischen und chemischen Unterricht in den letzten Jahrzehnten erfreulich gestiegen sind. Die gestellten Aufgaben sind der überwiegenden Mehrzahl nach zweckmäßig gewählt, von den Prüflingen mit ausreichendem Verständnis gelöst worden und lassen daher auf einen erfolgreichen und von wissenschaftlichem Geiste getragenen Unterricht schließen. Man gewinnt aus den vorgelegten Arbeiten den Eindruck, daß die Schüler, soweit dies an den höheren Lehranstalten überhaupt erreichbar ist, auf allen Hauptgebieten der Physik und Chemie mit den grundlegenden Erscheinungen und Gesetzen befriedigend bekannt gemacht werden, und daß sie beim Verlassen der Schule einen ausreichenden Überblick über die wichtigeren physikalisch-chemischen Tatsachen mit ins Leben nehmen oder für das Spezialstudium auf die Hochschule mitbringen.

Im einzelnen haben aber die Gutachter auch zu manchen, freilich vielfach voneinander abweichenden Bemerkungen Anlaß gefunden, auf die, soweit sie mir berechtigt scheinen, im folgenden eingegangen werden soll.

Den verschiedenen Aufgaben, die dem physikalisch-chemischen Unterricht obliegen (Anleitung zum Beobachten und zur wahrheitsgetreuen Wiedergabe des Wahrgenommenen, Übermittlung einer Summe einzelner

im Leben verwendbarer Kenntnisse, Einführung in den Zusammenhang der Naturerscheinungen und in das Werden und die Wege der naturwissenschaftlichen Erkenntnis) entspricht es, wenn in den Prüfungsarbeiten bald wichtige Erscheinungen und Versuche beschrieben, bald bekannte Gesetze abgeleitet oder deren Anwendung in Technik und Wissenschaft dargelegt, bald auch über engere oder weitere Gebiete ein zusammenfassender Überblick geboten wird. Ich beabsichtige daher nicht, die Auswahl der Aufgaben zu beschränken und sie, wie es von mehreren Seiten gewünscht worden ist, ganz in die Hand der Zentralbehörde zu legen. Denn bei der Vielheit der im naturwissenschaftlichen Unterricht mit gleichem Anspruch auf Berücksichtigung auftretenden Stoffgebiete ist gerade auf der Oberstufe eine gewisse Freiheit in der Auswahl der eingehender zu behandelnden und daher wohl auch in der schriftlichen Reifeprüfung mehr zu berücksichtigenden Naturerscheinungen unentbehrlich, wenn eine kräftige Weiterentwicklung in methodischer Hinsicht gesichert sein soll.

Es wird aber unbedingt darauf zu halten sein, daß in den schriftlichen Arbeiten nicht nur gedächtnismäßig angelerntes Wissen wiedergegeben wird, dessen übertriebene Anhäufung ohne jeden erzieherischen und geistig fördernden Wert ist; sondern daß das Thema den Prüflingen Gelegenheit bietet, nachzuweisen, wie weit sie in das Verständnis der Naturerscheinungen eingedrungen sind und wie weit sie den Sinn der Naturgesetze wirklich erfaßt haben. Denn was der Abiturient eines Realgymnasiums oder einer Oberrealschule in den Naturwissenschaften vor demjenigen eines Gymnasiums voraus haben soll, beruht nicht so sehr in dem größeren Umfange positiver Kenntnisse als in dem höheren Grade wirklicher Vertrautheit mit den physikalischen und chemischen Gesetzen, der Klar-

heit ihrer Auffassung und der Sicherheit ihrer Anwendung.

Soll dieses Ziel erreicht werden, so muß der Unterricht, der auch in den Naturwissenschaften auf ein bestimmtes Maß beständig aufweisbarer Kenntnisse nicht verzichten kann, ebenso wie an den Gymnasien so auch an den Realanstalten der Auswahl des unentbehrlichen Gedächtnisstoffes die größte Sorgfalt angedeihen lassen. Die wichtigsten Gesetze müssen unter Zurückstellung aller Einzelheiten und Schwierigkeiten in einfacher und klarer Form eingepreßt und nach Möglichkeit in einen übersichtlichen Zusammenhang gebracht werden. Dabei ist vor allem eine zu weitgehende Berücksichtigung der theoretischen Physik, die dem Hochschulunterricht überlassen bleiben kann, zu vermeiden. Anstatt auf theoretische Auseinandersetzungen Gewicht zu legen, soll der Unterricht mehr auf die Heranziehung und Behandlung wirklich selbst erarbeiteten experimentellen Stoffes gerichtet sein. Er soll mehr die induktive Methode, die sich gerade in der Physik und Chemie vorbildlich zur Anschauung bringen läßt, hervorkehren als sich von der Überschätzung deduktiver Erkenntnisse leiten lassen. Die Wünsche, die die Königlichen Wissenschaftlichen Prüfungskommissionen in bezug hierauf geäußert haben, liegen ganz in der Richtung der methodischen Bemerkungen zu den Lehrplänen vom 29. Mai 1901 (Naturwissenschaften) und des Erlasses vom 13. Juni 1910 — U II. 720. Die Berücksichtigung der in den Lehrplänen gegebenen Anweisungen wird hier und da in den gewählten Aufgaben noch vermißt. So stellen einzelne der bearbeiteten Themata an die Fassungskraft der Prüflinge zu hohe Anforderungen und lassen daher auch in ihrer an den Text des Lehrbuches sich anlehnenden Ausarbeitung Zweifel aufkommen, ob für die geschilderten Erscheinungen ein befriedigendes Verständnis erreicht worden ist. Andere sind so weit gefaßt, daß die Schüler mehr zur Betonung der Quantität als der Qualität verleitet werden. Auch fehlt es zuweilen noch an klaren Begriffsbestimmungen, zumal nicht immer Begriffe ferngehalten sind, deren Verständnis auf der Schule nicht erreicht werden kann. Nichts aber widerspricht dem Zwecke des naturwissenschaftlichen Unterrichts mehr als das Arbeiten mit unklaren Begriffen, die von dem Schüler aus Mangel an Zeit oder wegen ungenügender geistiger Reife nur halb aufgefaßt und dann in unverständener Weise

vorgebracht werden. Diejenigen Arbeiten, die ein unbefriedigendes Ergebnis hatten, sind fast durchweg an der Unklarheit der in ihnen zur Anwendung kommenden Begriffsbestimmungen gescheitert.

Am besten werden solche Fehler vermieden, wenn die Schüler bei den Prüfungsarbeiten Gelegenheit finden, Vorgänge schlicht darzustellen, die sie selbst erlebt und beobachtet haben und für die ihnen vielleicht eigene Versuche oder Messungen zu Gebote stehen. Der oft beobachteten Bevorzugung von Aufgaben aus der theoretischen Optik und Akustik sowie der mathematischen Erd- und Himmelskunde, die im allgemeinen dem Pensum der O I zugewiesen sind und zu einer rein mathematischen Behandlung leicht verleiten, kann dadurch vorgebeugt werden, daß von der durch die Lehrpläne gebotenen Möglichkeit Gebrauch gemacht wird, die Lehraufgaben von einer Klassenstufe auf eine andere zu verschieben, sofern nur das Gesamtziel erreicht wird. Eine allzu starke Mathematisierung der Physik und Chemie wird auch dadurch vermieden, daß bei den schriftlichen Arbeiten nur solche Rechnungen ausgeführt werden, die für den Nachweis des Verständnisses der gestellten Aufgabe unentbehrlich sind, etwa auch die behandelten Gesetze an einem möglichst einfachen Beispiele besonders klar in Erscheinung treten lassen. In diesem Sinne haben insbesondere auch stöchiometrische Aufgaben ihre Berechtigung, obwohl sie an sich nicht zur Ausgleichung des Ergebnisses der voraufgehenden Abhandlung dienen können.

Übermäßiges Zahlenrechnen, das für das Verständnis nichts beweist, ist zu vermeiden. Von Logarithmen ist nur dann Gebrauch zu machen, wenn dieses Hilfsmittel schneller und einfacher als das gewöhnliche Rechnen zum Ziele führt. Wertvoller als lange logarithmische Rechnungen sind da, wo es nicht auf genaue Ergebnisse ankommt, kurze Überschlagsrechnungen, die die Größenordnung des Resultates erkennen lassen, oder vielleicht auch abgekürzte Dezimalbruchrechnungen, die unter Beachtung des Genauigkeitsgrades angestellt werden.

Mängel in der graphischen Erläuterung zeigen, daß an manchen Anstalten auf die zeichnerische Seite im naturwissenschaftlichen Unterricht nicht die wünschenswerte Sorgfalt verwendet wird. So fehlen in den vorgelegten Arbeiten häufig Zeichnungen, wo sie zum Verständnis nötig gewesen wären. Auch sind einzelne Zeichnungen unzweckmäßig, weil sie

das Wesentliche durch Hinzufügen unwesentlicher Einzelheiten verwirren, andere sonst gute Arbeiten weisen falsche Zeichnungen auf.

Bei den chemischen Arbeiten verdient aner kennend hervorgehoben zu werden, daß mehrfach biologische und besonders auch geologische Aufgaben bearbeitet worden sind. Die spezielle Umgebung des Schulortes, die meist der geologischen Unterweisung zum Ausgangspunkte dient, hat hier und da recht geeigneten Stoff für die schriftliche Prüfung geliefert.

An den Oberrealschulen soll nach der Reifeprüfungsordnung von 1901 bei der schriftlichen Prüfung eine Aufgabe aus der Physik oder der Chemie bearbeitet werden. Bei der Einreichung der Aufgabenvorschläge sind in

den einzelnen Provinzen Ungleichheiten insoweit hervor getreten, als bald aus einem dieser Gebiete, bald aus beiden Fächern Themata eingereicht worden sind. Ich nehme daher Gelegenheit, mich ausdrücklich damit einverstanden zu erklären, daß dem Königlichen Kommissar jedesmal nur 3 Aufgaben entweder aus der Physik oder aus der Chemie vorgeschlagen werden. Dem Königlichen Kommissar wird es obliegen, für einen angemessenen Wechsel in der Berücksichtigung beider Fächer zu sorgen.“

Es ist zu erwarten, daß die wohl erwogenen Anweisungen dieses Erlasses sich von günstigstem Einflusse auf die weitere Entwicklung namentlich des physikalischen Unterrichts an den höheren Lehranstalten erweisen werden.

P.

Neu erschienene Bücher und Schriften.

Praktische Übungen in der Ausführung physikalischer Schulversuche. Ein Leit faden für Studierende von Dr. Egon R. v. Schweidler, a. ö. Professor a. d. Universität Wien. Mit 120 Fig. Wien und Leipzig, F. Tempsky und G. Freytag, 1911. 170 S. Geb. M 3,—.

Das Buch ist zur Anleitung für das sogenannte „Demonstrationspraktikum“ bestimmt, das dazu dienen soll, den Lehramtskandidaten schon während ihres Studiums einige Übung in der Ausführung von Schulversuchen zu verschaffen. Es sind 60 Versuche behandelt, deren Auswahl ebenso wie die Ausführung naturgemäß vielfach subjektiv bedingt ist. Neben rein qualitativen Versuchen (wie Oberflächenspannung, Diffusion, Versuche mit fester Kohlensäure, Wärmestrahlung, optische Inhomogenität, Spektralversuche, Kraftfelder, Elektrolyse) finden sich auch quantitative (wie über Torsionsschwingungen, Kundtsche Staubfiguren, thermische Ausdehnung, magnetisches Moment eines Stabes, Messungen von Spannungen, Widerständen usw.). Auch für lichtelektrische Erscheinungen und Radioaktivität sind Anleitungen gegeben. Die Art der Ausführung der Versuche bietet im Vergleich mit den vorhandenen guten Experimentierbüchern nichts besonderes; eine eigentliche Einführung in die Methodik der Demonstrationsversuche möchten wir in diesen Übungen nicht erblicken, auch ist es doch noch eine sehr strittige Frage, ob derartige Experimentierübungen überhaupt in den Universitätslehrplan gehören. Die Anforderungen, die in

wissenschaftlicher Hinsicht an die Lehramtskandidaten unserer Fächer gestellt werden und gestellt werden müssen, sind so erheblich, daß es den Vorzug verdienen dürfte, die didaktisch-technische Ausbildung auf Probejahr und Seminarjahr zu verlegen. Übungen wie die vorliegenden werden am meisten Nutzen stiften, wenn sie ohne Ansprüche in didaktischer Hinsicht der rein technisch-experimentellen Ausbildung dienen, die, abgesehen von unterrichtlicher Verwendung, für jeden Studierenden der Physik von Wert ist.

P.

Grundlagen der praktischen Metronomie. Von Prof. Dr. Karl Scheel. (Die Wissenschaft, Heft 36.) Mit 39 Abbildungen im Text. Braunschweig, Fr. Vieweg & Sohn, 1911. VII u. 168 S. M 5,20, in Leinw. geb. M 6,—.

Das Buch behandelt nach einer kurzen orientierenden Einleitung die Instrumente und Methoden, die zur Herstellung und zum Kopieren der Prototype des Meters, des Kilogrammes und des Liters gedient haben und noch dienen. Bei sehr einfacher und klarer Darstellungsweise wird an der Hand von Beispielen recht gründlich auf die Theorie der Instrumente und der Methoden eingegangen, und die vielen Vorsichtsmaßregeln, die bei einer Messung von äußerster Feinheit nötig sind, werden in solcher Gruppierung beschrieben, daß sie nicht ermüdend wirken. Ein Schlußabschnitt behandelt die Auswertung des Meters in Wellenlängen des Lichtes.

Wenn Ref. dem Büchlein viele Leser wünscht, so wünscht er damit weit über die Kreise der Physiker hinaus vielen Lesern den Genuß, den die Bewunderung und mehr noch das Würdigen höchster Leistungen der Meßkunst bietet.

W. Vn.

Experimentierkunde. Anleitung zu physikalischen und chemischen Versuchen in Volks- und Bürgerschulen und Fortbildungsschulen von Schulrat **Konrad Kraus**, Professor an der k. k. Lehrerbildungsanstalt in Wien. Zweite, vermehrte Auflage. Mit 589 Abbildungen. Wien, A. Pichlers Witwe & Sohn, 1910. III und 400 S.M 5,—.

Die vorliegende Experimentierkunde ist ein Buch, das dem Lehrer an Volks-, Bürger- und Fortbildungsschulen Anleitung zum Experimentieren und Auswahl an geeigneten Unterrichtsversuchen geben will. Dementsprechend ist im ersten Teile des Buches Allgemeines über Versuche, Lehr- und Hilfsmittel und Anleitung zu den wichtigsten Arbeiten (Papp-, Glas-, Kork-, Metallarbeiten, Lackieren, Kleben, Kitten usw.) angegeben; hier findet der Lehrer mancherlei wertvolle Ratschläge, die ihn in den Stand setzen, selbst physikalische Apparate zu reparieren bzw. neu zu bauen. Der zweite Teil enthält Anleitungen zu speziellen Versuchen, die nach den Hauptabschnitten der Physik und innerhalb dieser nach methodischen Grundsätzen geordnet sind. Eine Reihe von zusammengehörigen Versuchen wird zu einer methodischen Einheit oder einem kleineren Unterrichtskreise zusammengefaßt; solche abgerundeten Gruppen sind z. B. bei den Wärmeerscheinungen das Thermometer, Kleidung und Wohnung, Kreislauf des Wassers u. a. In dem „Thermometer“ überschriebenen Abschnitt wird im wesentlichen die Ausdehnung der Körper durch die Wärme, in „Kleidung und Wohnung“ die Fortpflanzung der Wärme durch Leitung und Strömung, im Abschnitt „Kreislauf des Wassers“ die Veränderung der Aggregatzustände behandelt usw. An diesen paar Beispielen erkennt man bereits, daß Verfasser in der Sache die in anderen Lehrbüchern übliche Einteilung im wesentlichen beibehalten und nur die Überschriften der Abschnitte geändert hat; in vielen Fällen ist als Titel einer solchen „methodischen Einheit“ eine dem Anschauungskreis der Schüler bereits bekannte Erscheinung aus der Natur oder Technik oder ein bekannter Apparat gewählt worden; z. B. in dem Abschnitt „der Regenbogen“ werden die Erscheinungen der

Brechung, Farbenzerstreuung und die Körperfarben, im Abschnitt „der Kompaß“, die Grundeigenschaften der Magnete, Anziehung und Richtkraft, und die Hypothese der Molekularmagnete behandelt. Ob die vom Verfasser vorgenommene Änderung der in den Lehrbüchern üblichen Titel eine glückliche ist, möge dahingestellt bleiben; Ref. ist der Ansicht, daß die neuen Titel in den meisten Fällen wohl als Ausgangspunkte, aber nicht als Gesamtbezeichnung der einzelnen Unterrichtskreise geeignet sind.

Die Experimente sind, von wenigen Ausnahmen abgesehen, gut ausgewählt. Die beiden Versuche über die Darstellung von Kohlenoxyd durch Reduktion von Kohlensäure mittels glühender Kohlen und von Wassergas mit derselben Vorrichtung (§ 179) würden besser fortgelassen sein; in der beschriebenen Weise angestellt, mißlingen die Versuche dem Lehrer; andererseits wird er durch die scheinbare Einfachheit und die Wichtigkeit der Sache leicht dazu verführt, sie in der beschriebenen Weise den Schülern vorführen zu wollen. Bei der Messung der Verdampfungswärme nach der im § 73 angegebenen Weise wird der Lehrer die unangenehme Erfahrung machen, daß das Wasser des Kalorimeters in den Kochkolben zurückschlägt; um dies zu verhindern, muß das Ende der Dampföhre zu einer feinen Spitze ausgezogen sein und nur wenig in das Kalorimeterwasser tauchen.

Was das Buch für den Gebrauch an Bürger- und Volksschulen, denen im allgemeinen nicht viel Geldmittel zur Anschaffung teurer Apparate zur Verfügung stehen, besonders geeignet macht, sind die detaillierten Vorschriften zur Selbsterstellung von Versuchsanordnungen; der Lehrer, der Freude an praktischen Arbeiten hat, wird viel Anregung aus dem Buche erhalten. An vielen Stellen sind mehrere von einander verschiedene Versuche zum Nachweis derselben Tatsache angegeben. Vorteilhaft ist auch die Angabe des Preises bei den meisten Apparaten und Gebrauchsgegenständen.

Das Buch wird dazu beitragen, den Lehrer an Volks- und Bürgerschulen zu unterstützen, seinen Unterricht auf Anschauung zu gründen und dem Experiment die ihm gebührende erhöhte Bedeutung zu verschaffen.

Wilhelm Bahrdt-Gr.-Lichterfelde.

Experimentierbuch für den Unterricht in der Naturlehre. In zwei Bänden. Von Dr. Karl Rosenberg, K. K. Landesschulinspektor. Zweite, vollkommen umgearbeitete und bedeu-

tend vermehrte Auflage. Zweiter Band. Mit 602 in den Text gedruckten Figuren. Wien und Leipzig, Alfred Hölder, 1910. X und 550 S. M 8,—.

Dem ersten Bande des „Experimentierbuches“, der bereits im Jahre 1908 erschienen ist und außer einem allgemeinen einleitenden Teil im wesentlichen den Lehrstoff der Unterstufe höherer Lehranstalten behandelt, ist vor Jahresfrist der zweite Teil gefolgt, der sich der Technik des Experimentes auf der Oberstufe widmet; dementsprechend tritt in diesem Bande die quantitative Seite der Versuche gegenüber den vorwiegend qualitativen Experimenten des ersten Bandes in den Vordergrund. Das Buch verfolgt einen doppelten Zweck, es soll dem jungen, im Experimentieren noch ungeübten Lehrer Hilfe und Anweisungen beim Experimentieren geben, dem älteren, erfahrenen Lehrer aber als Nachschlage- und Vorbereitungsbuch bei der Auswahl seiner Versuche für die Unterrichtsstunde dienen. Beides hat der Verf. in muster-gültiger Weise erreicht, den ersten Zweck durch eine einfache und klare, äußerst leicht verständliche Darstellung, in der alles Wichtige und zum Gelingen des Versuchs Notwendige berücksichtigt wird, den zweiten Zweck durch einen so großen Inhaltsreichtum an Experimenten und Methoden, daß das Buch eine fast unerschöpfliche Fundgrube für Versuche bildet. Dieselbe physikalische Tatsache ist gewöhnlich durch eine ganze Reihe verschiedener Versuche illustriert; dabei hat der Verf. es verstanden, aus der überwältigenden Fülle von Experimenten und Methoden, die sich in einzelnen Zeitschriften und Originalwerken in den letzten Jahren angehäuft haben, das für den Unterricht auf höheren Schulen Wertvolle und Praktische herauszugreifen. Nicht unerwähnt soll aber auch der eigene, sehr beträchtliche Anteil des Verf. an originellen Versuchsanordnungen und Methoden oder der Verbesserung älterer, bereits bekannter Versuche sein. Durch sein Buch hat der Verf. die experimentelle Seite des physikalischen Unterrichts in hervorragendem Maße gefördert und sich den Dank aller Physiklehrer gesichert. Dem Lehrer verbleibt die anregende Arbeit, aus der Fülle des gebotenen Stoffes das für seinen Unterricht Passende auszuwählen; durch Abwechslung in den zur Illustrierung einer Tatsache anzustellenden Versuchen wird sowohl dem Lehrer wie den Schülern der Unterricht eine Quelle der Freuden und Anregungen sein. Ein besonderer Vorzug des Buches ist der,

daß besonders viele Versuche beschrieben sind, die sich mit einfachen Hilfsmitteln anstellen lassen; es wird dadurch zu einem unentbehrlichen Hilfsmittel für alle Lehrer, denen nur bescheidene Geldmittel für Neuschaffungen zur Verfügung stehen.

Außer den im Buche beschriebenen Methoden finden sich zahlreiche Hinweise auf einschlägige Originalarbeiten, insbesondere auf die Technik des physikalischen Unterrichts von Fr. C. G. Müller, auf Aufsätze aus der Zeitschrift für den physikalischen und chemischen Unterricht, den Vierteljahrsberichten des Wiener Vereins zur Förderung des physikalischen und chemischen Unterrichts, den periodischen Blättern für Realienunterricht und Lehrmittelwesen u. a. Für die Verwalter physikalischer Sammlungen ist die Angabe der Bezugsquellen sowie der in den meisten Fällen beigefügten Preise für die Apparate äußerst praktisch und wertvoll. Das Buch kann allen, die physikalische und chemische Experimente anzustellen haben, aufs wärmste empfohlen werden.

Wilhelm Bahrdt-Gr.-Lichterfelde.

Physik für Lehrerbildungsanstalten. II. Teil für Lehrerseminare. Von L. Busemann und E. Richter, königl. Seminarlehrer. Dritte, nach den neuen Lehrplänen bearbeitete Auflage. Mit 280 Abbild. u. einer Spektraltafel. Leipzig, Dürrsche Buchhandlung, 1910. 288 S. 8°.

Die Tatsache, daß das vorliegende Buch bereits in dritter Auflage erscheint, beweist, daß es sich einer gewissen Verbreitung erfreut. Und da es zur Ausbildung künftiger Lehrer bestimmt ist — und zwar von Lehrern, die relativ selten in der Lage sind, ihre auf dem Seminar erworbenen Kenntnisse später durch Universitätsstudien zu vertiefen —, so reicht sein Wirkungskreis verhältnismäßig weit. An ein solches Buch müssen daher besonders hohe Anforderungen gestellt werden.

Vor einem namentlich haben sich die Verf. derartiger Werke zu hüten: vor falscher „Wissenschaftlichkeit“. Es geht nun einmal nicht an, in die Tiefen der Physik — wie jeder andern Wissenschaft — ohne gründliches Spezialstudium einzudringen. Wohl aber ist es möglich, bei weiser Beschränkung des Stoffes und bei vorsichtigster Trennung der Erfahrungstatsachen und ihrer Deutung und Verarbeitung, auch bei geringerer Vorbildung wenigstens eine gesunde physikalische Anschauungsweise zu erziehen. Eine Darstellung aber, die mit gänzlich unzureichenden Mitteln bis in die modernsten, teilweise noch

umstrittenen Anschauungen vorzudringen sucht, wird nur selten der Gefahr entgehen, Dogmatismus zu treiben.

Das vorliegende Buch gehört leider zu der zweiten Art. Und da es Lehrende belehren soll, so halte ich es doch für geboten, auf Einzelheiten einzugehen. Ich tue es nicht so sehr um des Buches selbst willen, als um eine ganze Art von Literatur zu charakterisieren, für die es ein typischer Repräsentant ist.

Die Verf. sagen in der Vorrede: „Am meisten Fleiß wurde darauf verwandt, den gesamten Stoff so zu ordnen . . ., daß ganz klare Anschauungen von dem Wesen der Wärme- und Lichtbewegung gewonnen werden. Fast ganz neu ist die Bearbeitung der Lehre vom Magnetismus und der Elektrizität. Hier ist überall die Kraftlinien- und die Elektronentheorie durchgeführt worden.“

Nun, mit der Elektronen-„Theorie“ ist es nicht so schlimm. Mit Ausnahme weniger Stellen besteht sie darin, daß die aus allen elementaren Darstellungen der Elektrizitätslehre wohl bekannten elektrischen „Teilchen“, wie sie z. B. bei der Erklärung der Influenz aufzutreten pflegen, den vornehmeren Namen „Elektronen“ erhalten haben.

Schlimm aber ist die folgende Einführung des Potentials: „Lädt man einen Leiter, z. B. die Metallteile des Elektroskops, mit mehr Elektrizität, als er schon hat, so muß die Stoßkraft der Elektronen zunehmen, dementsprechend aber auch die Kraft, die verhindert, daß sie in der Tat nach allen Seiten auseinanderlaufen, die elektrische Spannung, und beides zeigt sich an dem stärkeren Ausschlag der Blättchen.“ (S. 210).

Ganz schlimm ist auch die völlige Verworrenheit in bezug auf die elektrischen Grundbegriffe in folgender Stelle: „Auf einem geladenen Leiter muß die elektrische Spannung überall gleich groß sein, oder, mit anderen Worten, das Häutchen von Elektrizität, das den Körper überzieht, hat überall die gleiche Dicke.“ (sic! S. 211.) Wenn man schon den etwas merkwürdigen Begriff der „Dicke“ einführen will, so könnte doch darunter allenfalls nur die „Dichte“ verstanden werden: gerade diese aber ist auf einem Leiter i. a. nicht konstant, sondern das Potential. Von der größeren Dichte auf einer Spitze sprechen die Verf. freilich gleich darauf, machen aber bei ihrer Darstellungsweise die Verwirrung nur um so größer.

Auf S. 261 wird die Potentialdifferenz an den Polen eines Elements mit $2E$ bezeichnet und dazu gesagt, es betrage „der Unterschied,

der in den beiden Körpern vorhandenen Mengen (!) von positiver oder negativer Elektrizität $2E$ “.

Diese Proben aus der Elektrizitätstheorie — sie ließen sich allzuleicht vermehren — mögen genügen.

Anerkannt soll werden, daß die rein technischen Dinge, Telegraphie usw., verständlich behandelt sind.

Die Verf. wollen, wie schon bemerkt, eine „ganz klare Vorstellung von der Wärme- und Lichtbewegung geben“: ich glaube, die folgenden Stellen dürften die entgegengesetzte Wirkung haben: „Wenn ein Lichtstrahl in das Auge gelangt, so wird die Netzhaut gereizt. Dieser Reiz pflanzt sich als Erregung im Sehnerv bis zum Gehirn fort. Hier geht die Erregung auf einen motorischen Nerv über, läuft auf diesem hin und setzt dann Muskelpartien in Bewegung, z. B. diejenigen, die eine Bewegung des Augapfels oder der Augenlider bewirken. Der ins Auge gelangende Lichtstrahl verursacht mithin eine ganze Reihe von Bewegungen.“ Mit demselben Rechte könnte man auch sagen, daß das Licht, das von den Lettern dieses Buches in mein Auge reflektiert wird, meine Hand zum Schreiben dieses Referats in Bewegung setzt.

„Umgekehrt“, fahren die Verf. fort, „wird Licht durch die verschiedenartigsten Bewegungen hervorgerufen.“ Hierfür führen sie 6 Beispiele an, von denen das folgende hier eine Stelle finden mag: „Gravitation. Die Sonne und die anderen Fixsterne leuchten, weil die Gravitation aller ihrer Teilchen bewirkt, daß letztere nach dem allgemeinen Schwerpunkt hindrängen, wobei sie sich gegenseitig in der Bewegung hemmen. Hier wird also die durch die allgemeine Schwere bewirkte mechanische Bewegung der Massen in Licht umgewandelt. Auch das Leuchten der aus dem Innern der Vulkane hervorbrechenden Massen ist in Licht umgewandelte Massenbewegung, die durch die Gravitation bewirkt wird. . . . — Weil das Licht stets durch Bewegung hervorgerufen wird und selbst wieder Bewegung hervorruft, muß man annehmen, daß das Licht selbst auch eine Bewegung ist.“ (S. 119.)

Soviel über die „Lichtbewegung“. Für die Wärmebewegung folgende Proben: „Auch das Licht, die Elektrizität (!) und der Magnetismus sind Bewegungen, können deshalb (!) auch zu Wärmequellen werden.“ (S. 94.) — „Das Knistern der Flammen und der Donner

der Geschütze beweist, daß Wärme auch zur Schallquelle werden kann.“ (S. 94.)

Ein wenig besser steht es um die Mechanik. Aber auch hier wachsen sonderbare Blüten. „Da die Bewegung ein zufälliger Körperzustand ist, verlangt sie notwendig einen materiellen Träger (Körper), an dem sie haftet. Dies kann weder seine Gestalt, noch sein Volumen, noch sein Aggregatzustand sein. Es muß vielmehr etwas von allen diesen Erscheinungen unabhängiges sein, etwas, was bei allen physikalischen und chemischen Änderungen des Körpers unverändert bleibt. Dieses „Etwas“ nennt man in der Physik die „Masse“ des Körpers.“ (S. 31.) Das ist nicht mehr Physik, das ist Scholastik.

Es soll nicht verkannt werden, daß die Verf. sich mit ihrem Werk alle Mühe gegeben haben. Sie haben offenbar eine große Menge von Literatur zu Rate gezogen; sie haben mit Geschick den Stoff übersichtlich gruppiert und durch Einteilung in kleine Abschnitte den Überblick erleichtert; die Figuren sind einwandfrei und zahlreich; aber der gute Wille allein tut's nicht; in der Form, wie das Buch vorliegt, kann es bei Lehrenden und Lernenden nur Unheil anrichten.

Walther Jacobsthal-Berlin.

Die heterogenen Gleichgewichte vom Standpunkt der Phasenlehre von Dr. H. W. Bakhuis Roozeboom, weiland Professor an der Universität Amsterdam. Drittes Heft. Die ternären Gleichgewichte. Erster Teil. Systeme mit nur einer Flüssigkeit ohne Mischkristalle und ohne Dampf von Dr. F. A. H. Schreinemakers, Professor an der Universität Leiden. (Deutsch von Dr. J. J. B. Deuß.) Mit 112 in den Text gedruckten Abbildungen. Braunschweig, Fr. Vieweg & Sohn 1911. XII u. 314 S. Geheftet M 10,—.

Die ersten beiden Hefte sind 1901 und 1904 erschienen; sie enthielten die von Bakhuis Roozeboom, dem Schöpfer der Phasenlehre, behandelten unären und binären Systeme¹⁾; die Zahl der bisher untersuchten ternären ist so groß, daß ihre Behandlung mehrere starke Hefte füllen wird. Schreinemakers hat auf diesem speziellen beschreibenden Gebiete der Chemie seit Jahren gearbeitet und einen Teil der graphischen Darstellungsarten selbst ausgebildet. So war er zur Fortsetzung von Roozebooms Werk der gegebene Mann. — Zwei weitere Hefte

sollen diesem folgen; das vorliegende enthält nur verhältnismäßig einfache Systeme. Die Darstellung ist in Anbetracht des spröden und komplizierten Stoffes einfach und klar, die mathematische Behandlung elementar; die Figuren, was bei graphischen Darstellungen wohl hervorzuheben ist, sind ganz scharf und deutlich. So sei das Buch allen als Führer empfohlen, die sich in jenem Gebiet der Chemie orientieren wollen, von dem man mit dem alten J. G. Stas sagen könnte: Ce n'est plus de chimie, c'est de l'architecture, cela!

W. Roth-Greifswald.

Die Beziehungen zwischen Farbe und Konstitution bei organischen Verbindungen. Unter Berücksichtigung der Untersuchungsmethoden dargestellt von Dr. H. Ley, a. o. Professor an der Universität Leipzig. Mit 51 Figuren im Text und 2 Tafeln. Leipzig, S. Hirzel 1911. VIII u. 246 S. Geheftet M 7,—; in Leinen M 8,—.

Während die Chemiker mit wenigen Ausnahmen nur jenes kleine Gebiet der Lichtwellen, das man das sichtbare Spektrum nennt, studieren und zu Konstitutionsbestimmungen benutzen, berücksichtigt der Verf. das sichtbare und das ultraviolette Gebiet in gleichem Maße und zeigt, wieviel größer alsdann die Ausbeuten und die Aufschlüsse werden. Ein reiches, aber im Ultraviolett nur von verhältnismäßig wenig Forschern zusammengebrachtes Material wird verarbeitet. Auf dem behandelten Gebiet ist noch alles in Fluß; die theoretischen Erklärungen und Deutungen sind noch oft verklausuliert und etwas unscharf; vielfach lehnt sich der Verf. an die geistreichen, aber noch stark umstrittenen Anschauungen von Joh. Stark an, da der alte Valenzbegriff bei der Deutung oft versagt.

Die wichtigsten Abschnitte des Buches sind folgende: Die Chromophortheorie, die Absorption, namentlich im Ultraviolett, Farbänderung und chemische Umlagerung. Im zweiten Teil werden die wichtigsten Apparate und Arbeitsmethoden besprochen. Die Molekularrefraktion und Dispersion scheint dem Ref. etwas stiefmütterlich behandelt zu sein. Hier sind die neueren Arbeiten nicht berücksichtigt worden. An einigen Stellen machen sich Druckfehler und kleine Versehen störend bemerkbar, die bei einer Neuauflage leicht vermieden werden können. Müssen die auxochromen und chromophoren Wirkungen der NH_2 - und der OH -Gruppe mit den basischen Eigenschaften des N und O im Zusammenhange stehen (S. 52)? Die Be-

¹⁾ Vgl. diese Zeitschr. 18, Heft V, 311—312. (1905).

zeichnung der Wasserstofflinie $436 \mu\mu$ als „blau“ entspricht wohl nicht dem allgemeinen Sprachgebrauch. Die Uviol-Lampe oder ein Geißler-Rohr mit Wasserstoff oder Helium geben kein „homogenes“ Licht (S. 235). Doch wiegen diese kleinen Ausstellungen gegenüber den vielen Vorzügen des Buches nicht schwer. Vielmehr kann es als Führer durch das noch etwas labyrinthische Gebiet der modernen Spektrochemie (mit Ausnahme der Lehre von der Molekularrefraktion und Dispersion!) aufs beste empfohlen werden.

W. Roth-Greifswald.

Die Schule der Chemie. Erste Einführung in die Chemie für jedermann von Wilhelm Ostwald, emerit. Professor der Chemie an der Universität Leipzig. 2. umgearbeitete Auflage. Mit 74 in den Text eingedruckten Abbildungen. Braunschweig, Friedrich Vieweg & Sohn, 1910. XII und 441 S. Geh. M 5,—, geb. M 6,40.

Dieses Buch, das weit über die Grenzen Deutschlands hinaus Beachtung gefunden hat, ist beim ersten Erscheinen in dieser Zeitschrift sehr ausführlich besprochen worden (XVII, S. 185 ff. und XIX, S. 131 ff.). Dabei sind trotz mancherlei Einwendungen methodischen Charakters die großen Vorzüge des für den Selbstunterricht bestimmten Werks — vor allem die ausgezeichnete Berücksichtigung der neueren physikalischen Chemie, die strenge Scheidung zwischen Tatsachen und Hypothesen, sowie die dem Verf. eigene Meisterschaft in der Darstellung — gewürdigt worden. Doch wurde bedauert, daß „der Preis des Buches, das ausdrücklich für weitere Volkskreise bestimmt wurde, im Verhältnis zum Umfang ein so ungewöhnlich hoher ist“. Unter diesen Umständen ist es freudig zu begrüßen, daß die Neuauflage um mehr als die Hälfte billiger ist als die in zwei getrennten Teilen erschienene erste Auflage. Dabei kommt sie ihr in Druck und Ausstattung vollkommen gleich und ist nur um wenige Kapitel, die mehr vom allgemeinen und physikalischen als vom chemischen Standpunkte aus wichtig sind, gekürzt worden. Unter diesen befindet sich auch das besondere Kapitel über die Atomhypothese, welche dafür im Anschluß an die Tatsachen an verschiedenen Stellen besprochen worden ist, und zwar in wohlwollenderem Sinne als in der ersten Auflage; es wird sogar mit Rücksicht auf gewisse neuere Fortschritte zugegeben, es seien mancherlei Beobachtungen gemacht worden, „durch welche die Existenz der Atome äußerst wahrscheinlich geworden ist“. Möge die neue

wohlfeile Ausgabe bei vielen unserer Schüler zur Ergänzung des — besonders auf den Gymnasien — noch so unzureichenden Chemieunterrichts dienen und entsprechend der Absicht des Verf. sie mit „jener Sehnsucht nach den Fernen der Wissenschaft“ erfüllen, die „einen wesentlichen Bestandteil in der Geistesrichtung des künftigen Forschers ausmacht“.

J. Schiff.

Lehrbuch der Geologie von Deutschland. Eine Einführung in die erklärende Landschaftskunde für Lehrende und Lernende. Von Johannes Walther, o. ö. Prof. d. Geol. u. Paläont. a. d. Univ. Halle. Mit 93 Landschaftsbildern, 88 Profilen, 10 kleineren Karten im Text und einer farbigen geolog. Strukturkarte. Leipzig, Quelle & Meyer, 1910. XV u. 358 S. Geb. M 7,60.

Das Buch stellt nach Inhalt und Darstellung eine sehr verdienstliche, großzügig angelegte Arbeit dar. Anders als in den üblichen Lehrbüchern der Geologie wird hier der Stoff methodisch behandelt, indem allenthalben an die Formen der heimatischen Landschaft angeknüpft wird, wobei das Ganze sich in die drei Hauptabschnitte „Die gestaltenden Kräfte“, „Die geologische Geschichte von Deutschland“, „Die deutschen Landschaften“ gliedert. Mit außerordentlichem Geschick werden die großen Werte dargelegt, die eine Behandlung geologischer Tatsachen und Probleme für die höhere Schule haben könnte. Daß der Verf. hierbei lebhaft dafür eintritt, daß zur Gewinnung geologischer Begriffe die Schüler hinaus und immer wieder hinausgeführt werden müssen, wird gewiß allgemein gebilligt werden; doch stellen sich andererseits einer solchen Behandlungsweise, besonders in den Großstädten, beträchtliche Schwierigkeiten — zumal hinsichtlich des Zeitaufwandes — entgegen. Die Darstellung im einzelnen ist ungemein lebendig und anschaulich. Der Behandlung des norddeutschen Flachlandes und der Eiszeit — oder „Schneezeit“, welchen Ausdruck der Verf. vorzieht — hätten wir gern noch eine etwas größere Ausdehnung gewünscht; bei den vortrefflichen Ausführungen über den Urmenschen konnte, da Krapina und Schipka genannt wurden, gelegentlich der Erwähnung Südfrankreichs auch das Mousterien und Aurignacien namentlich aufgeführt werden; auch eine Abbildung des großartigen Schädels vom *Homo mousteriensis* — der im Berliner Museum für Völkerkunde aufbewahrt wird — wäre vielleicht am Platze gewesen. Doch läßt sich dies in einer neuen, gewiß bald nötig werdenden Auflage

leicht nachholen. Alles in allem haben wir es in dem Buch mit einem überaus nützlichen und bedeutsamen Werk zu tun, dessen Anschaffung aufs wärmste zu empfehlen ist.

O. Ohmann.

Experimentelle Einführung in die Grundlehren der Chemie mit besonderer Berücksichtigung ihrer Anwendungen usw. Von K. Zepf, Professor a. d. Großherzoglichen Baugewerkschule in Karlsruhe i. B. Karlsruhe, G. Braun, 1910, 391 S. Geb. M 5,—.

Das Buch ist hervorgegangen aus Vorträgen, die der Verfasser in der Gewerbelehrerabteilung einer Baugewerkschule gehalten hat; man kann dem Buche, das eine wenig zweckentsprechende Überfülle von Stoff bringt, den Vorwurf nicht ersparen, daß es in verschiedener Hinsicht ziemlich flüchtig gearbeitet ist, ganz abgesehen von den sehr zahlreichen Druckfehlern. Auf S. 132 ff. wird „Schweflige Säure“ und „Schwefeldioxyd“ begrifflich nicht getrennt, sondern ohne weiteres gleichgesetzt; ebendasselbst wird das Schwefeltrioxyd ohne irgendeinen Zusatz als „das Anhydrit“ bezeichnet; das *t* ist kein Druckfehler, sondern wird auch auf den folgenden Seiten konsequent angewendet. Auf S. 53 liest man „das Elektrolytsoda“. 1 Liter H wiegt nicht „0 0893...“ g (S. 83 ff.), sondern 0,899... g usw. Schwerer fällt ins Gewicht, daß bei einzelnen mit Gefahr verknüpften Versuchen auf die Vorsichtsmaßregeln nicht genügend hingewiesen wird. So ist S. 87 vor der Gefährlichkeit des Natriumperoxyds nicht gewarnt, und bei dem dort beschriebenen Versuch (Einbringen von Superoxyd — ohne Mengenangabe — in eine montierte Gasentwicklungsflasche, und „langsam Wasser einfließen“ lassen) kann eine heftige Explosion eintreten. Ebenso heißt es S. 31: „Stelle eine Mischung her aus 10 g Staubzucker und 28,5 g chloresurem Kalium“; wer die Explosivität solcher Gemische nicht aus eigener Erfahrung kennt und die Mischung, wie vielfach üblich, im Mörser vornimmt, kann hier bei derartig großen Mengen das größte Unglück haben. Ebenso schlimm kann

der Versuch ablaufen, wenn jemand nach den ganz unvollkommenen Angaben auf S. 168 Nitroglycerin darstellen wollte: „Man erhitzt Glycerin... mit Salpetersäure und Schwefelsäure. Die letztere hat das freiwerdende Wasser zu binden.“ Eine genauere Überarbeitung und Sichtung würde dem Buche zu großem Vorteil gereichen. Der Untertitel „Lehrbuch für die Hand von Lehramtskandidaten“ ist jedenfalls nicht gerechtfertigt. O.

Die chemischen Grundstoffe. Von Dr. Max Speter. Bücher der Naturwissenschaft, herausgegeben von Prof. Dr. Siegmund Günther. 8. Band. Mit 4 bunten, 6 schwarzen Tafeln und 10 Fig. im Text. Leipzig, Ph. Reclam jun. 127 S. Geb. M 0,80.

Das Buch stellt — in kleinem Taschenformat — eine Art kurzer Einführung in besonders wichtige Kapitel der allgemeinen Chemie dar. Es behandelt in fünf Kapiteln (1) die Materie, (2) die Zerlegung der Stoffe, (3) die Kennzeichen und Verbreitung der Grundstoffe, (4) die Atom- und Molekulartheorie und (5) die Beziehungen der Grundstoffe untereinander und das Periodische System. In geschickter Weise werden die wichtigsten Tatsachen und Gesetze, die die chemischen Elemente betreffen, herangezogen und zu einem übersichtlichen Bilde vereinigt, wobei — was lobend hervorzuheben ist — das Geschichtliche die Grundlage bildet. Gelegentlich der Erörterung der spiraligen Anordnung der Elemente (S. 116) war Löw zu erwähnen, der diese Idee zuerst begründet hat. Die Bildung einer chemischen Verbindung ist nicht „stets von einer... Temperaturerhöhung oder Temperaturerniedrigung“ begleitet (S. 34), vielmehr handelt es sich im letzteren Falle (bei einer endothermischen Reaktion) um den Verbrauch einer bestimmten Wärmemenge. Im übrigen ist die Schreibweise klar und leichtverständlich. Die charakteristischen Porträts von Bunsen, Lavoisier, Mendelejeff und Ramsay sowie auch die kleinen Spektraltafeln bilden einen besonderen Schmuck des empfehlenswerten Büchleins. O.

Mitteilungen aus Werkstätten.

Rheogött-Widerstand.

VON GEBR. RUHSTRAT in Göttingen.

Unter dem Namen „Rheogött“ fabriziert die Göttinger Rheostaten- und Schalttafel-

fabrik einen neuen Widerstand, der den bekannten Widerständen gegenüber die folgenden wesentlichen Vorteile bietet:

Die Isolation zwischen den Widerstandsdrähten *a* (siehe die Fig. 1 und 2) einerseits

und dem Widerstandsträger *b* andererseits ist so hoch, daß bei einer Spannungsdifferenz von etwa 10000 Volt ein Stromübergang von den Widerstandsdrähten *a* zum Widerstandsträger *b* selbst in erhitztem Zustande nicht erfolgt. Ferner ist ein Stromübergang zwischen der Schieberstange *c* und den Widerstands-

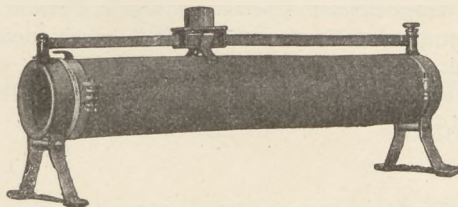


Fig. 1.

drähten *a* völlig ausgeschlossen, denn die Drahtenden *d* und die Schieberstangenträger *e* sind auf getrennten Schellen *f* und *g* befestigt; außerdem ist der Schieberstangenträger *e* nochmals an der Fußschelle *f* extra bei *h* isoliert. Bei dieser Anordnung ist es nicht

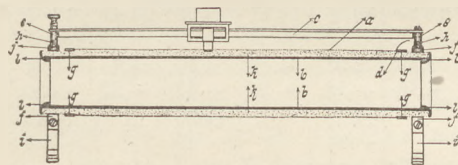


Fig. 2.

mehr möglich, daß der Strom direkt durch die Schiene *c* zur Drahtenschelle *g* geht, daß also ein Kurzschluß eintritt, was bei vielen bis jetzt in Gebrauch gewesenen Anordnungen wohl möglich ist. — Man kann den Rheogött-Widerstand wesentlich höher belasten; weil

man die Temperatur viel höher steigern kann als bei den Feuer-Emailrohr-Widerständen, bei denen eine Temperaturerhöhung nur bis 300° zulässig ist. — Dadurch, daß der schellenartige Fuß *i* und die Fußschelle *f* aus einem einzigen Stück hergestellt sind, wird eine größere Stabilität des Widerstandes herbeigeführt. — Durch die vereinfachte Konstruktion der Füße *i* und Widerstandsträger *b* ist das Gewicht des fertigen Rheostaten auf ein Minimum reduziert. — Der Drahtträger *b* hat zum Schutze der Isolationsmasse *h* gegen Stoß usw. an seinen Enden einen Ring *l*. — Im Gegensatz zu den Metallrohr-Widerständen sind an den neuen Rheogött-Widerständen Durchbohrungen des Metallrohres vermieden, wodurch auch Stromübergänge verhindert sind, und die ganze Konstruktion einfacher, solider und dauerhafter geworden ist. — Die Wärmeableitung ist ebenso vorzüglich wie bei den bekannten Feuer-Emailrohr-Widerständen.

Fig. 1 stellt den Rheogött-Widerstand dar; in Fig. 2 ist derselbe im Vertikal-Längsschnitt gezeichnet. Er besteht aus einem sehr dünnen Metallrohr *b*, auf welches unter hohem Druck ein Isolierrohr *k* aus einem Leiter zweiter Klasse gepreßt und dann in einem Ofen bei etwa 1200° gebrannt ist. Dieses Isolierrohr hat eine verhältnismäßig geringe Wandstärke, die je nach Größe des Widerstandes 2 bis 12 mm beträgt. Die Längen sind 100 bis 1000 mm. In Abstufung von 50 bis 100 mm. Die Ausführungsarten und Wickelungen der verschiedenen Typen sind äußerlich wie die der bekannten Feuer-Emailrohr-Widerstände.

Der neue Widerstand ist gesetzlich geschützt.

Korrespondenz.

Zum Quecksilberdampf-Gleichrichter. Anschließend an den Bericht in dieser Zeitschrift, Heft 3, S. 185 teilen wir auf Wunsch der WESTINGHOUSE COOPER HEWITT GESELLSCHAFT m. b. H. in Berlin noch mit, daß die Erfindung nach den Patenten des Ingenieurs COOPER HEWITT hergestellt und auch von der genannten Gesellschaft als Patentinhaberin geliefert wird.

Erdmagnetische Elemente für die Epoche 1911,0. Zufolge einer gütigen Mit-

teilung des Herrn Prof. Dr. AD. SCHMIDT in Potsdam sind für die Umrechnung der erdmagnetischen Elemente von 1909,0 auf 1911,0 folgende Änderungen anzusetzen:

bei *D*: - 0,26°, *J*: + 0,01°, *H*: - 0,00028.

Zur Extrapolation von 1911,0 auf nicht zu weit entfernte spätere Zeitpunkte kann man als wahrscheinlichste jährliche Änderungen annehmen:

bei *D*: - 8', *J*: + 1', *H*: - 0,0002.

In Mitteleuropa galten für 1911,0 folgende Werte:

Östliche Länge	0°			5°			10°			15°			20°		
	D	J	H	D	J	H	D	J	H	D	J	H	D	J	H
55° n. Br.	16,2	69,2	0,171	13,5	68,8	0,174	10,7	68,4	0,177	7,8	68,1	0,179	5,0	67,6	0,181
50° n. Br.	15,2	65,9	0,191	12,8	65,3	0,194	10,4	64,9	0,197	7,8	64,4	0,206	5,4	63,9	0,204
45° n. Br.	14,3	62,2	0,212	12,2	61,5	0,216	10,1	61,0	0,120	7,9	60,3	0,223	5,9	59,8	0,227

Es sei bei dieser Gelegenheit auch auf die von fünf zu fünf Jahren erscheinenden magnetischen Weltkarten der deutschen Seewarte aufmerksam gemacht. Für Norddeutschland sind auf Grund der Messungen

des magnetischen Observatoriums in Potsdam magnetische Karten für 1909,0 erschienen. (Abh. des Kgl. Pr. Met. Inst., Bd. III, Nr. 4. Verlag von Behrend & Co., Berlin 1910, M 5,—.)

Himmelserscheinungen im August und September 1911.

♄ Merkur, ♀ Venus, ☉ Sonne, ♂ Mars, ♃ Jupiter, ♄ Saturn, ☾ Mond, 0^h = Mitternacht.

	August							September						
	1	6	11	16	21	26	31	5	10	15	20	25	30	
♀ {	AR	10 ^h 19 ^m	10.43	11. 2	11.18	11.28	11.32	11.28	11.16	10.59	10.47	10.47	11. 1	11.25
	D	+ 11°	+ 8°	+ 5°	+ 2°	0°	- 1°	- 1°	0°	+ 3°	+ 6°	+ 7°	+ 7°	+ 6°
♀ {	AR	11 ^h 22 ^m	11.32	11.40	11.46	11.48	11.48	11.43	11.36	11.26	11.15	11. 5	10.56	10.51
	D	+ 2°	0	- 2	- 3	- 5	- 6	- 6	- 6	- 6	- 5	- 3	- 2	0
☉ {	AR	8 ^h 42 ^m	9. 1	9.21	9.39	9.58	10.16	10.35	10.53	11.11	11.29	11.47	12. 5	12.23
	D	+ 18°	+ 17	+ 16	+ 14	+ 12	+ 11	+ 9	+ 7	+ 5	+ 3	+ 1	- 1	- 2
♂ {	AR	2 ^h 36 ^m	2.48	3. 0	3.11	3.22	3.33	3.43	3.53	4. 2	4.10	4.17	4.24	4.29
	D	+ 13°	+ 14	+ 15	+ 16	+ 16	+ 17	+ 18	+ 18	+ 19	+ 19	+ 20	+ 20	+ 21
♃ {	AR		14 ^h 18 ^m		14.22		14.27		14.33		14.39		14.46	
	D		- 13°		- 13		- 14		- 14		- 15		- 15	
♄ {	AR	3 ^h 10 ^m							3.14					
	D	+ 15°							+ 15					
☉ Aufg.		4 ^h 19 ^m	4.27	4.35	4.44	4.52	5. 0	5. 9	5.17	5.25	5.34	5.42	5.51	5.59
	Unterg.	19 ^h 52 ^m	19.43	19.34	19.24	19.13	19. 2	18.51	18.40	18.28	18.16	18. 4	17.52	17.41
☾ Aufg.		12 ^h 34 ^m	18.24	20.38	21.39	0.20	7.36	14. 3	18.11	19.20	21. 9	2.18	9. 9	15. 2
	Unterg.	22 ^h 23 ^m	—	5.32	12.11	18.28	20. 6	21.30	0.38	7.12	14.19	17.47	18.46	21.16
Sternzeit im mittl. Mittg.		8 ^h 35 ^m 46 ^s	8.55.28	9.15.11	9.34.54	9.54.37	10.14.20	10.34. 2	10.53.45	11.13.28	11.33.11	11.52.53	12.12.36	12.32.19
Zeitgl.		+ 6 ^m 13 ^s	+ 5.50	+ 5.12	+ 4.20	+ 3.16	+ 2. 0	+ 0.33	- 1. 2	- 2.43	- 4.28	- 6.14	- 7.59	- 9.40

Mittlere Zeit = wahre Zeit + Zeitgleichung.

Herbstanfang am 24. September, 5^h 18^m M.E.Z.

Mondphasen in M.E.Z.	Neumond	Erstes Viertel	Vollmond	Letztes Viertel	
		Aug. 24, 5 ^h 14 ^m	Aug. 2, 0 ^h 29 ^m	Aug. 10, 3 ^h 55 ^m	Aug. 17, 13 ^h 11 ^m
		Sept. 22, 15 ^h 37 ^m	Aug. 31, 17 ^h 21 ^m Sept. 30, 12 ^h 8 ^m	Sept. 8, 16 ^h 57 ^m	Sept. 15, 18 ^h 51 ^m

Planetensichtbarkeit	Merkur	Venus	Mars	Jupiter	Saturn
im August	unsichtbar	morgens anfangs für kurze Zeit sichtbar, am 11. im größten Glanz, wird bald darauf aber unsichtbar	6 ¹ / ₂ Stunde lang vor Beginn der Morgendämmerung sichtbar	abends zuletzt noch 1 Stunde lang sichtbar	zuletzt bereits 6 ³ / ₄ Stunden vor der Morgendämmerung sichtbar
im September	zuletzt bis 3 ¹ / ₄ Stunden lang morgens sichtbar	wird zuletzt als Morgenstern sichtbar	die Sichtbarkeitsdauer wächst auf 9 Stunden	Ende des Monats nur noch kurze Zeit sichtbar	die Sichtbarkeitsdauer wächst auf 9 ¹ / ₂ Stunden

F. Koerber.

Nachdruck nur mit Quellenangabe und mit Genehmigung der Verlagshandlung gestattet.