

# Zeitschrift

für den

# Physikalischen und Chemischen Unterricht.

XIX. Jahrgang.

Zweites Heft.

März 1906.

## Die neue Rotations-Ölpumpe der Siemens-Schuckertwerke<sup>1)</sup>.

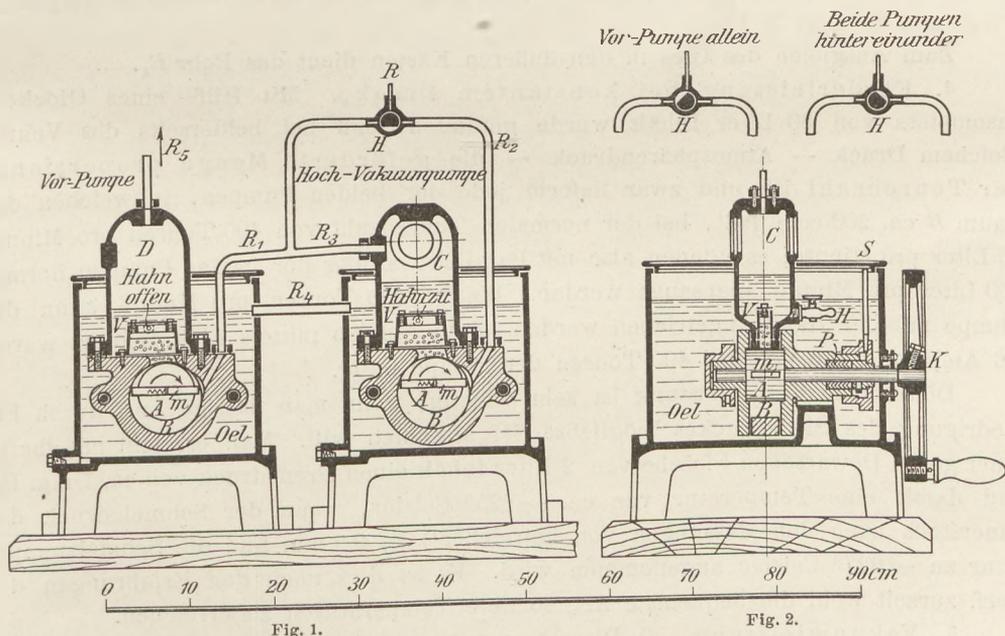
Von

Dr. Karl T. Fischer,

a. o. Professor der Kgl. Technischen Hochschule München.

1. An die Seite der seit Jahren nun auch in Deutschland eingebürgerten „Geryk“-Pumpe des Engländers Fleuss, in welcher Öl zur Ausfüllung des schädlichen Raumes verwendet wird, tritt ebenbürtig und in mancher Beziehung überlegen eine rotierende Ölpumpe der Pumpenabteilung der Siemens-Schuckertwerke in Berlin. Da ich in unserem Institute seit einigen Jahren eine besonders große Geryk-Pumpe mit einem Fördervolumen von 150 Litern pro Minute bei Parallelschaltung der beiden Zylinder (das Modell „Inceptum“) benütze und zu schätzen gelernt habe, so unterzog ich mit besonderem Interesse die neue Pumpe einer genaueren Prüfung und möchte über die Ergebnisse folgendes mitteilen:

2. Prinzip der Pumpe. In Fig. 1 ist der Querschnitt der Pumpe, in Fig. 2 der Achsenschnitt der mit „Vorpumpe“ bzw. „Hochvakuumpumpe“ bezeichneten, im



wesentlichen völlig gleichen Pumpen dargestellt. In dem Achsenstück bewegen sich in einem genau passenden Schlitz die beiden, durch Federn auseinander gehaltenen

<sup>1)</sup> Nach einem Vortrag in der Abteilung III der Deutschen Naturforscherversammlung 1905, 28. September. Der Vortrag ist auch in den Ber. d. Deutschen physikalischen Gesellschaft 1905 Heft 23 veröffentlicht, erscheint aber hier in wesentlich erweiterter und durch neue Versuche ergänzter Gestalt.

und an die Wandung angedrückten Hälften eines Schiebers  $m$ , dessen Enden, durch Öl abgedichtet, an einer im feststehenden Gußkörper ausgesparten, höchst sorgfältig ausgeschliffenen Kapsel gleiten. Rotiert die Achse im Sinne des Pfeiles, so wird, wie aus der Figur ersichtlich, die aus  $R_1$  nach dem Raume  $B$  gelangte Luft aus dem unten befindlichen Raume  $B$  nach dem oberhalb befindlichen, mit einem Ventile  $V$  abgeschlossenen Raume befördert und tritt hinter dem Ventile  $V$  in den Raum  $D$  aus. Während der Rotation füllt sich  $B$  immer wieder von neuem aus dem mit  $R_1$  verbundenen auszupumpenden Raume — in der Figur dem Raume  $C$  — und es kann dieser, da ein schädlicher Raum nicht existiert, bis auf denjenigen Druck leergepumpt werden, welcher der Dampfspannung des verwendeten Öles entspricht, das die ganze Pumpe ausfüllt. Das Öl wird nach Abnahme des Schutzdeckels in den äußeren Kasten eingegossen und durch den „Hahn“ mittels geeigneter Drehung der Pumpe in den Innenraum  $D$  bzw.  $C$  der Pumpe eingeführt. Die Achse selbst ist durch eine in Fig. 2 skizzierte Stopfbüchse aus dachförmig gepreßten Beilagscheiben aus Blei abgedichtet. Die Dichtung wird auf beiden Seiten durch eine Überwurf-Mutter mit radialen Bohrungen zum Einsetzen eines beigegebenen Stiftes  $S$  (Fig. 2) angezogen.

3. Erzielung des Hochvakuums. Um mit der Pumpe Drucke zu erzielen, welche niedriger sind als die Dampfspannung des Öles, wird, wie bei der „Hochvakuumpumpe“ der Fig. 2, der Raum  $C$  oberhalb des Ventils  $V$  mit einer anderen Pumpe, hier der „Vorpumpe“, leergepumpt. Durch einen Dreiweghahn kann  $R$ , wodurch der auf höchstes Vakuum auszupumpende Raum angeschlossen wird, entweder mit  $R_1$  oder mit  $R_2$  verbunden und so mit oder ohne Vorpumpe gearbeitet werden. Die „Vorpumpe“ braucht nicht etwa notwendigerweise eine Ölpumpe zu sein; es genügt zum Leerpumpen des Raumes  $C$  jede gute Wasserstrahl- oder Stiefelpumpe (vergl. später unter 5, b).

Zum Ausgleich des Öles in den äußeren Kästen dient das Rohr  $R_4$ .

4. Förderleistung bei konstantem Drucke. Mit Hilfe eines Glockengasometers von 80 Liter Inhalt wurde gefunden, daß bei beiderseits des Ventils gleichem Druck — Atmosphärendruck — die geförderte Menge proportional der Tourenzahl ist, und zwar lieferte jede der beiden Pumpen, in welchen der Raum  $B$  ca. 200 ccm faßt, bei der normalen Tourenzahl von 400 Touren pro Minute 80 Liter pro Minute; es können also mit Parallelschaltung der beiden Pumpen normal 160 Liter pro Minute angesaugt werden. Bis zu 200 Touren pro Minute kann die Pumpe mit der Hand angetrieben werden. Zum Antrieb mittels Elektromotors waren 1,6 Amp. und 110 Volt bei 400 Touren der Pumpe nötig.

Diese hohe Förderleistung ist sehr wichtig, wenn man flüssige Luft durch Erniedrigung des Siededruckes möglichst tief abkühlen will. Man erreicht mit ihr in einer guten Dewarschen Flasche von 2 Liter Inhalt einen Grenzdruck von ca. 1 mm Hg und damit eine Temperatur von ca.  $-225^{\circ}$  Celsius, wenn der Schmelzdruck des Sauerstoffs nach den Messungen von Estreicher<sup>1)</sup> zu 0,9 mm und die Schmelztemperatur zu  $-227^{\circ}$  Celsius angenommen wird. Es ist dies nach den Erfahrungen des Verf. zurzeit wohl die bequemste Art, so tiefe Temperaturen zu erreichen.

5. Vakuumleistung. a) Dieselbe wurde mit einer, für Demonstrationszwecke sehr geeigneten zylindrischen Röhre von 7,2 cm innerem Durchmesser und 1 m Abstand der Elektroden untersucht, und zwar konnte diese 4,0 Liter haltende Vakuum-

<sup>1)</sup> T. Estreicher, Bulletin Internat. Crac. Acad. 1903, S. 831; Travers-Estreicher, Exp. Unters. von Gasen, S. 270. Vieweg & Sohn, Braunschweig 1904.

röhre durch ein kurzes 10 mm weites Glasrohr mittels Dreiweghahnes entweder mit der Pumpe oder mit einem Phosphorpentoxydgefäß und einem MacLeodmanometer von 200 ccm Inhalt verbunden werden.  $R_2$  war in einen kurzen Messingflansch mit Siegellack eingekittet und dieser Flansch mit Bleiringdichtung an den Pumpenkörper angeschraubt; die Dichtungsstellen lagen unter Öl, und nur das blanke Glas ragte aus dem Öle hervor. Alle übrigen Verbindungen waren aus verschmolzenem Glas hergestellt. Zur Abschätzung der Drucke diente die Messung der Dunkelräume, nachdem durch einige Meßreihen für die beim Versuch gewählten Verhältnisse — mittleres Induktorium und Luftfüllung — der Zusammenhang zwischen Dunkelraum und Druck festgestellt war. Wie nach den bekannten Ebertschen Messungen über den Hittorffschen Dunkelraum<sup>1)</sup> zu erwarten war, bildete diese Beziehung ein höchst praktisches Mittel zur Messung des Druckes für unseren Zweck. Eine zur Röhre parallel geschaltete Funkenstrecke erwies sich als viel weniger zweckmäßig zur Beurteilung des Druckes, da ein und dieselbe Funkenstrecke bei sehr verschiedenen Drucken ansprach, wenn diese Bruchteile eines Millimeters bis zu zwei und selbst fünf Millimetern betragen, und die Funkenstrecke in der Nähe von Induktorium und Röhre stand.

Wurden beide Pumpen nacheinander verwendet und die Vorpumpe mit 400 Touren, die Hochvakuumpumpe mit 200 Touren vom selben Motor aus angetrieben, so konnte die genannte Röhre von 4 Liter Inhalt ohne jegliches Erwärmen in 25 bis 40 Minuten auf ein Vakuum von 0,0015 mm Hg gebracht werden, bei dem kräftige, in 2 m Entfernung mit dem Fluoreszenzschirm noch deutlich wahrnehmbare Röntgenstrahlen auftraten, so daß also im Laufe einer Vorlesungsstunde mit der großen Röhre sämtliche Entladungserscheinungen direkt vorgeführt werden können. Über den Gang der Druckänderung gibt die folgende Tabelle I (S. 76) Aufschluß, die aus mehreren Versuchen das Mittel darstellt, und in der gleichzeitig mit dem Druck auch die entsprechende Dunkelraumdicke und Funkenstrecke angegeben sind.

b) Einfluß der Verbindungsrohren infolge der Gasreibung. Dieses Resultat läßt sich noch erheblich verbessern, wenn dafür gesorgt wird, daß der Verbindungsweg von der Pumpe zur Röhre kürzer und die Rohrweite größer gewählt wird. In den oben angegebenen Versuchen betrug die Verbindungsrohrlänge bei 5—8 mm Mittel-Durchmesser ungefähr 1—2 m; im Dreiweghahn mußte der Gasstrom im rechten Winkel umbiegen und ein ca. 3 cm langes Stück von nur 4 mm Weite durchfließen. Außerdem befand sich das Phosphorpentoxydgefäß nicht zwischen Pumpe und Röhre, sondern war hinter der Röhre angebracht.

Da die Druckverluste infolge der Reibung mit dem Quadrat der Geschwindigkeit wachsen und in einem Rohr von einem Zentimeter Durchmesser durch eine Pumpe allein eine Geschwindigkeit von 17 Metern pro Sekunde erzeugt wird (mit Vernachlässigung der Reibung wäre im Anfange  $v = \frac{80\,000}{0,785 \cdot 60}$  cm/sek = 17 m/sek), so wurde später eine neue Versuchsreihe durchgeführt, bei welcher ein 16 cm langes und 4,5 cm weites Phosphorpentoxydgefäß zwischen Pumpe und Röhre eingeschaltet war, und der ganze Weg zwischen Pumpenanschluß — inkl. Zweiweghahn der Figur — und Entladungsrohr aus einem stetig gebogenen Glasrohr von 10 mm lichter Weite und 1 m Länge bestand.

<sup>1)</sup> H. Ebert, Wied. Ann. 69, S. 200—219, 1899 und H. Ebert und P. Ewers, Annalen der Physik IV, 10, S. 72—104, 1903.

Tabelle I.

Zeit	Dicke des Dunkelraums in mm	Druck in mm Hg n. McLeod	Funken- strecke in mm	Bemerkungen
Mit „Vorpumpe“ allein gearbeitet:				
0 Min. 0 Sek.	—	720	—	—
30 -	—	4,3	—	—
40 -	—	—	< 1,83	—
1 Min. 35 Sek.	—	1,40	—	Kathode ganz mit Licht bedeckt.
2 Min.	—	1,02	—	—
—	2	0,46	—	—
—	5	0,33	—	—
4 Min.	6	0,28	—	—
—	8	0,22	—	—
5 Min.	11	0,12	—	—
7 -	19	0,077	—	—
Auf „Hochvakuumpumpe“ umgestellt und weitergepumpt:				
—	25	0,055	—	—
11 Min.	—	0,040	—	Kathodenstrahlen durch Fluoreszenz erkennbar, Schichtungen verschwinden.
—	30	0,036	—	—
13 Min.	32	0,030	2	—
15 -	45	0,015	3	Kräftige Fluoreszenz am Glase.
—	50	0,013	—	—
—	60	0,010	—	Dunkelraumgrenze verschwimmt.
17 Min.	—	0,007	?	—
20 -	—	0,0027	5	—
21 -	—	—	7	Leuchten des Gasinhaltes nur ganz schwach, der Glaswand stark.
26 -	—	0,0017	8	Von hier ab schreitet die Verdünnung langsam vor. Kräftige Röntgenstrahlen.
31 -	—	0,0017	?	—
37 -	—	0,0015	8	—
43 -	—	0,0015	9	—

Mit dieser Anordnung gelang es, die Evakuierung des Entladungsrohres, das wegen eines Transportschadens auf 79 cm Elektrodenabstand verkürzt worden war und daher nur mehr 3,2 Liter Inhalt hatte, innerhalb 8 Min. bis zu dem für kräftige Röntgenstrahlen nötigen Grade zu steigern, wenn mit Luft gefüllt und die Vor- und Hochvakuumpumpe 500 bzw. 250 Umdrehungen in der Minute machten. Mittelwerte aus 5 Versuchen gibt Tabelle II (s. S. 77).

Wurde der Raum *C* (Fig. 1) der Hochvakuumpumpe statt mit der zweiten Ölpumpe auf ungefähr 0,1 mm mit einer Wasserstrahlpumpe nur auf 20 bis 22 mm Hg leer gepumpt, so blieb die Leistung der Hochvakuumpumpe nahezu die gleiche; es wuchs nämlich bei Verwendung der Wasserstrahlpumpe die Dunkelraumdicke in 5 Min. 30 Sek. von 2 mm auf 64 mm und nach weiteren 3 Min. war das Vakuum so hoch, daß es einer Funkenstrecke von 10 mm entsprach; es ist dies verständlich, da die über *B* stehende Ölschicht selbst bereits einen Druck von ca. 15 mm Hg hervorruft.

Tabelle II.

Entladungsrohr: 3,2 Liter Inhalt. — Elektrodenabstand: 79 cm. — Füllung: **Luft**.

Zeit	Dicke des Dunkelraums in mm	Druck in mm Hg n. McLeod	Funkenstrecke in mm	Bemerkungen
Mit „Vorpumpe“ (500 Touren pro Min.) allein gearbeitet:				
0 Min. 0 Sek.	—	720	—	—
15 -	—	3	1,83	—
35 -	—	1,40	—	Kathode ganz mit Licht bedeckt.
1 Min. 0 Sek.	2	0,46	—	—
Auf „Hochvakuumpumpe“ (250 Touren pro Min.) umgestellt und weitergepumpt:				
1 Min. 30 Sek.	3,5	0,40	—	—
2 - 0 -	8,5	0,20	—	—
2 - 30 -	12	0,10	—	—
3 - 0 -	18	0,08	—	—
3 - 30 -	36	0,024	—	—
4 - 0 -	36	0,024	—	—
4 - 30 -	48	0,014	—	—
5 - 0 -	64	0,010	2	Kräftige Fluoreszenz im Glas.
6 - 0 -	—	(?) 0,0015	10	Gut nachweisbare Röntgenstrahlen.
7 - 0 -	—	(?) 0,0015	22	—
8 - 0 -	—	(?) 0,0010	27	Sehr kräftige Röntgenstrahlen.

c) Nach dieser Prüfung des Einflusses der Reibung, der sich so bei verschiedenen weiten Wegen äußerte, füllte ich die Entladungsröhre mit leidlich durch  $P_2O_5$  getrocknetem Wasserstoff, um einen sicheren Anhaltspunkt dafür zu gewinnen, wieviel die Reibung selbst bei der zweckmäßigen neuen Anordnung noch ausmache; da Wasserstoff nach Rieckes Lehrbuch der Physik zweimal so beweglich ist wie Luft, so mußte sich die Evakuierung der mit Wasserstoff gefüllten Röhre meßbar rascher bewerkstelligen lassen, wenn die Reibung noch eine wesentliche Größe besaß. Ich war überrascht, zu sehen, daß in diesem Fall bereits innerhalb **2 Min. 20 Sek.** die Röhre so weit evakuiert werden konnte, daß kräftige Röntgenstrahlen auftraten und das Entladungspotential zwischen den Elektroden einer Funkenstrecke von 60—70 mm entsprach.

Tabelle III.

Füllung des Entladungsrohres mit **Wasserstoff**; sonstige Bedingungen wie in Tabelle II.

Zeit	Dicke des Dunkelraums in mm	Druck in mm Hg n. McLeod	Funkenstrecke in mm	Bemerkungen
Mit „Vorpumpe“ (400 Touren pro min) allein gearbeitet:				
0 Min. 0 Sek.	—	720	—	—
15 -	—	—	1,83	Funkenstrecke 1,83 mm setzt aus.
30 -	—	—	—	—
Auf „Hochvakuumpumpe“ (200 Touren pro min) umgeschaltet und weitergepumpt:				
1 Min. 0 Sek.	20	0,10	—	—
1 - 34 -	50	—	—	—
2 - 20 -	—	< 0,0010	30	Sehr kräftige Röntgenstrahlen.

Theoretisch würde ein Raum von 4 Liter Inhalt durch die mit 400 Touren pro Minute laufende Pumpe in 0,7 Min. von 720 mm auf 0,002 mm Druck leer gepumpt werden können.

Es ergibt sich aus den Betrachtungen in a), b) und c), daß die Verbindung zwischen Pumpe und Entladungsrohr auch im Falle b) bei gleicher Länge weiter genommen werden müßte, wenn die Gasfüllung aus Luft besteht; aus dem Inhalt von Tabelle II und III ergibt sich, daß etwa 1,5 bis 2,0 cm Durchmesser bei einer Verbindungsrohrlänge von 1 m sich empfiehlt, wenn die Evakuierung der mit Luft gefüllten Röhre in kürzester Zeit vorgenommen werden soll. Noch mehr empfiehlt es sich, die Entladungsröhre mit Wasserstoff zu füllen, wenn man in kurzer Zeit das höchste Vakuum erreichen will, da dann die Querschnitte enger gewählt werden können, und somit der auszupumpende Gesamtraum kleiner bleibt.

d) Druckgrenze. Arbeitete die Pumpe in der Anordnung a) mit dem längeren und zum Teil engen Verbindungsweg nur auf das MacLeod-Manometer, vor welchem ein kleines Gefäß mit  $P_2O_5$  in die Leitung eingeschmolzen war, so wurde durch die Vorpumpe allein im Raum von 300 ccm

in 20 Sek.	0,27	mm Hg
- 6 Min.	0,032	- -
- 17 -	0,015	- -

Vakuum erreicht. Einen geringeren Druck zu erzielen, war trotz längerer weiterer Tätigkeit der Pumpe nicht möglich. Es scheint dieser Druck die Dampfspannung des Öles zu sein; denn nach den Versuchen, welche Herr Nutting im Bureau of Standards in Washington mit Luftpumpenölen ausgeführt hat, ist die Dampfspannung des Standard Gas Engine Oil der Standard Oil Co., welches bei ca.  $355^{\circ}$  siedet, 0,015 mm; das Pumpenöl der Pulsometer Co., welches mit den Fleusspumpen geliefert wird, hatte 0,02 mm Dampfdruck und einen Siedepunkt von ca.  $340^{\circ}$  C. Die Dampfspannung von Transformatoröl betrug ebenfalls nur 0,015 mm Hg, und andere, zum Schmierens gebräuchliche Öle hatten Dampfspannungen von derselben Größenordnung, nämlich von 0,02 bis 0,04 mm Hg. Die Änderung dieser Werte erhöhte sich nur wenig mit der Temperatur und stieg zwischen Zimmertemperatur und  $60^{\circ}$  nur um 2 bis 5 %.

Wurde von der „Vorpumpe“ auf die „Hochvakuumpumpe“ umgeschaltet, so sank das MacLeod-Manometer — das zur Kontrolle mit verschiedenen Kompressionsverhältnissen gebraucht wurde — in weiteren 11 Minuten bis auf 0,00025 mm, bei einer späteren Versuchsreihe in 14 Minuten bis auf 0,00020 und einmal sogar bis auf 0,00015 mm Hg. Diese letzte Zahl dürfte somit die äußerste, mit einem Aggregat von zwei Pumpen erreichbare Grenze des Druckes darstellen.

Schaltete ich nach Erreichung der höchsten Verdünnung wieder auf die „Vorpumpe“ allein um, so stieg der Druck innerhalb 17 Minuten auf den Wert von 0,016 mm, so daß dieser Druck unter allen Umständen den mit einer Pumpe allein erreichbaren Grenzdruck vorstellen wird und jedenfalls die Dampfspannung selbst darstellt, falls das entweichende Gas in Luft von Atmosphärendruck austritt. Warum der Grenzdruck so erheblich niedriger wird, wenn das entweichende Gas in einen Raum von sehr geringem Druck (0,016 mm bzw. 20 mm) austritt, verdiente wohl einmal eine gesonderte Untersuchung.

6. „Entgasung“ des Öles. Um die höchsten Vakua zu erreichen, ist es wie bei allen Ölpumpen nötig, erst eine Zeitlang die Pumpe arbeiten zu lassen, damit das aus dem Öle selbst austretende Gas (Wasserdampf, Luft, Kohlenwasserstoffe ??) allmählich von dem Öle losgelöst wird. Es dauert erhebliche Zeit — bis zu einer

Stunde nach frischem Einfüllen des Öles —, bis das Öl der Pumpe, auch wenn man es in einem Rezipienten evakuiert, alles abgebbare Gas freigelassen hat. Ist die Entgasung des Öles erreicht, so wirkt die Pumpe außerordentlich rasch.

In Tabelle IV sind 5 Versuche wiedergegeben, welche zu den angeführten Zeiten nacheinander angestellt wurden; vor dem 1. Versuch waren die beiden Ölpumpen vollständig frisch aufgestellt und mit Öl aus den Vorratskannen gefüllt; man sieht daher aus der Tabelle IV, daß die erstmalige Entgasung die meiste Zeit kostet, und ferner, wie die Vakuumleistung von der Entgasung abhängt.

Tabelle IV.

Entladungsrohr: 3,2 Liter Inhalt. — Elektrodenabstand: 79 cm. — Füllung: Luft.

Druck in mm Hg n. McLeod	Dicke des Dunkelraums in mm	Funken- strecke in mm	Bemerkungen	Z e i t				
				I. Versuch	II. Versuch	III. Versuch	IV. Versuch	V. Versuch
Mit „Vorpumpe“ allein gearbeitet (500 Touren pro Minute):								
				h m s	h m s	h m s	h m s	h m s
720	—	—	—	9 45 0	11 27 0	4 11 0	4 35 0	5 10 0
3	—	1,83	—	9 50 0	11 27 10	4 11 20	4 35 15	5 10 18
0,46	2	—	—	9 54 0	11 35 0	(?)	4 36 0	—
0,30	5,5	—	—	10 15 0	11 46 0	(?)	(?)	—
Auf „Hochvakuumpumpe“ umgestellt und weitergepumpt (250 Touren pro Minute):								
				h m s	h m s	h m s	h m s	h m s
0,28	6,0	—	—	10 17 0	11 46 0	4 12 0	4 36 0	5 10 30
0,11	13	—	—	—	—	4 13 0	4 36 45	5 11 30
0,075	20	—	—	10 18 0	—	4 13 45	4 37 30	—
0,012	55	—	—	—	11 47 0	—	4 38 10	5 12 50
—	65	—	—	10 20 30	—	4 16 30	4 39 45	5 14 30
0,0017	—	8	Kathodenstrahlen.	—	—	—	4 40 0	5 14 45
(?) 0,0010	—	30	Sehr kräftige Röntgenstrahlen.	10 23 0	11 50 0	4 18 0	4 40 40	5 16 0
				—	11 53 0	4 22 0	4 43 0	5 17 30
Zeit, die zur Erreichung des höchsten Vakuums nötig war				38 <sup>m</sup>	26 <sup>m</sup>	11 <sup>m</sup>	8 <sup>m</sup>	7 <sup>m</sup> 30 <sup>s</sup>

Zwischen den Versuchen I bis V wurden keine anderen Operationen vorgenommen, als das Einlassen von frischer getrockneter Luft durch einen Seitenhahn der Rohrleitung zwischen Pumpe und Entladungsrohr erforderte. Die Füllung mit Luft von atmosphärischem Druck wurde jeweils unmittelbar vor Beginn des Versuchs vorgenommen.

7. Die Temperatur der „Vorpumpe“, in welcher Kompressionsarbeit geleistet wird, stieg nach 4 bis 8 Stunden kontinuierlichen Betriebs an der wärmsten Stelle des Öles im Kasten nie auf mehr als 30 bis 38° C., die der Hochvakuumpumpe nicht über 25°, während die Zimmertemperatur ca. 16° betrug. Diese außerordentlich geringe Erwärmung entspricht dem geringen Arbeitsverbrauch der Pumpe.

8. Energieverbrauch und Vergleich der Siemens-Schuckert-Pumpe mit der Geryk-Pumpe. Der elektrische Energiebedarf des 1/2 pferdigen Nebenschlußmotors betrug 2,5 Amp. bei 110 Volt, wenn beide Pumpen arbeiteten (vergl. oben Abschnitt 5); bei der Untersuchung einer Pumpe auf Förderleistung verbrauchte derselbe Elektromotor 1,6 Amp. bei 110 Volt. Es bleibt also der Energieverbrauch unter 1/4 P.-S. In diesem guten Nutzeffekt liegt einer der Vorzüge der neuen Pumpe

gegenüber der Geryk-Pumpe gleicher Förderleistung, wie wir sie im Institut besitzen. Unsere Geryk-Pumpe erfordert bei 150 Liter Förderleistung 5 bis 6 Amp. bei 125 Volt.

Ein ganz bedeutender Vorteil der neuen Pumpe liegt in ihrem geringen Gewicht und der leichten Transportiermöglichkeit. Während unsere Geryk-Pumpe („Inceptum“) 13 Zentner wiegt und natürlich im Institut fest aufgestellt bleiben muß, wiegt die Siemens-Schuckert-Pumpe nur 45 bis 50 kg, also das Aggregat von zweien höchstens 100 kg. Es kann, zerlegt, leicht von einer einzigen Person transportiert und aufgestellt werden. Die äußeren Abmessungen der letzteren sind  $350 \times 250 \times 270$  mm. Die Kosten für eine Pumpe betragen nach der Liste 320 Mark, also für ein Aggregat 640 Mark, während die der Geryk-Pumpe unseres Instituts 1480 Mark ausmachten.

Es wird somit, abgesehen von anderen Zwecken, im physikalischen Laboratorium die neue Pumpe, die sehr geräuschlos und vollkommen stoßfrei arbeitet, vor allem in den Vorlesungen, in denen rasch wirkende Luftpumpen immer wichtiger werden, eine schwer empfundene und nun leicht ausfüllbare Lücke decken. Ich hatte 4 Wochen lang das Pumpenaggregat mit der Anordnung b) auf dem Experimentiertisch in Betrieb, ohne daß Erschütterungen durch die Pumpe sich störend bemerkbar gemacht haben. — Auch zur Demonstration des Erstarrens von ca. 50 ccm flüssigen Stickstoffs, welcher durch Sieden unter vermindertem Druck abgekühlt wird, habe ich die Pumpe kürzlich mit bestem Erfolg angewandt.

Die Pumpen sind für Hand- und Motorbetrieb eingerichtet und werden zweckmäßig nach Anordnung der Fig. 1 auf einem langen Brett montiert verwendet, auf dem auch der Elektromotor seinen Platz findet. Das Grundbrett, auf dem die Versuchspumpen mit Motor befestigt waren, hatte 50 cm Breite und ungefähr 120 cm Länge und nahm somit auf dem Experimentiertische nicht zu viel Raum ein.

München, 27. Dezember 1905.

## Ein Apparat zur Demonstration der Zusammensetzung zweier Rotationen.

Von

Viktor Biernacki in Warschau.

(Mitteilung aus dem physikalischen Laboratorium des polytechnischen Instituts.)

J. VAN DAM beschrieb in dieser Zeitschrift<sup>1)</sup> einen zur Zusammensetzung zweier Rotationen bestimmten Apparat. Zu gleichem Zwecke dient ebenfalls ein von W. C. L. VAN SCHAÏK beschriebener Apparat<sup>2)</sup>. Ohne die von J. VAN DAM angewandte Idee zu kennen, habe ich einen ähnlichen Apparat konstruiert. Da erstens mein Apparat sich in Einzelheiten von dem J. VAN DAMSchen Apparate unterscheidet, und da man zweitens an meinem Apparate die beiden Rotationen einzeln verfolgen kann, so erlaube ich mir, denselben hier näher zu beschreiben.

Es seien *I*, *II*, *III* (Fig. 1) 3 Zahnräder, deren Achsen  $O_1$ ,  $O_2$ ,  $O_3$  in einer geraden Linie liegen und gegeneinander unbeweglich auf einem Hebel befestigt sind. Das Zahnrad *I* ist nicht drehbar, die Zahnräder *II* und *III* drehen sich um Achsen  $O_2$  und  $O_3$ . Der Hebel  $O_1 O_2 O_3$  ist um die Achse  $O_1$  drehbar. Die Zähne des Zwischenrades *II* greifen in die Zähne beider Räder *I* und *III* ein.

Denken wir uns zuerst, daß die Anzahl der Zähne an den Rädern *I* und *III* gleich ist. In diesem Falle bei der Drehung des Hebels um  $O_1$  im Sinne z. B. des

<sup>1)</sup> Bd. VII (1893—94), S. 178 und S. 270.

<sup>2)</sup> Bd. VIII (1894—95), S. 350.

Uhrzeigers dreht sich das Rad *III* um die Achse  $O_3$  mit derselben Winkelgeschwindigkeit (unabhängig von der Anzahl der Zähne auf dem Zwischenrade *II*) in entgegengesetzter Richtung. Jeder Punkt  $M$ , der fest mit dem Zahnrade *III* verbunden ist, beschreibt dabei einen Kreis mit einem Radius, der gleich  $O_1 O_3$  ist, um das Zentrum  $O_1'$ , wobei  $O_3 M = O_1 O_1'$  und  $O_3 M \parallel O_1 O_1'$  ist. So beschreibt z. B. Punkt  $O_4$ , welcher auf der Verlängerung der Geraden  $O_1 O_2 O_3$  liegt und  $O_3 O_4 = O_1 O_3$  ist, einen Kreis um den unbeweglich gedachten Punkt  $O_3$  unserer Zeichnung. Die Ebene des Zahnrades *III* (also jede damit verbundene Gerade, z. B.  $AB$ ) bleibt während der Bewegung sich selbst parallel, oder anders gesagt, sie erfährt eine fortschreitende Kreisbewegung um das Zentrum  $O_1$ .

Nehmen wir jetzt an, daß die Anzahl der Zähne des Rades *III* zweimal kleiner als die des Rades *I* sei. In diesem Falle dreht sich während der Drehung des Hebels  $O_1 O_2 O_3$  um die Achse  $O_1$ , z. B. wie früher im Sinne des Uhrzeigers, das Rad *III* um die Achse  $O_3$  im entgegengesetzten Sinne mit der doppelten Winkelgeschwindigkeit. Jetzt erfährt jeder Punkt, welcher fest mit dem Rade *III* verbunden ist, außer der Drehung im Sinne des Uhrzeigers um die oben gezeigte Achse mit dem Radius, der  $O_1 O_3$  gleich ist, noch eine Drehung um die Achse  $O_3$  in entgegengesetzter Richtung mit derselben Winkelgeschwindigkeit mit einem Radius gleich der Entfernung dieses Punktes von der Achse  $O_3$ . Die Zusammensetzung beider Rotationen gibt überhaupt eine elliptische Bewegung, deren Halbachsen, wie es leicht begreiflich ist,  $a + b$  und  $a - b$  (oder  $b - a$ , wenn  $a$  kleiner als  $b$  ist) sind, wo  $a$  den Abstand  $O_1 O_3$  und  $b$  die Entfernung des betreffenden Punktes von der Achse  $O_3$  bedeuten. Ist  $b$  gleich  $a$ , so bekommen wir (bei gleichmäßiger Drehung des Hebels  $O_1 O_2 O_3$ ) eine geradlinige harmonische Bewegung, deren Amplitude gleich  $2a$  ist, um  $O_1$  als Mittellage. Die Richtung dieser Schwingung fällt mit der Geraden, welche eine beliebige Lage des betreffenden Punktes mit dem Zentrum  $O_1$  verbindet, zusammen.

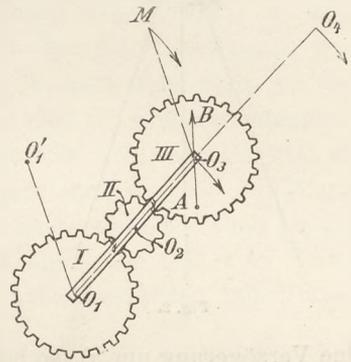


Fig. 1.

Bei meinem Apparate befinden sich auf der Achse  $O_3$  zwei voneinander unabhängig sich drehende Zahnräder, wovon das erstere ( $III_1$ ) dieselbe Zähnezahl als das Rad *I* hat, hingegen das zweite ( $III_2$ ) nur die Hälfte dieser Zähnezahl besitzt. Am Rade  $III_1$  ist eine kreisrunde, schwarze Scheibe (mit Zentrum in  $O_3$ ) angebracht. Ein roter, an der Scheibe markierter Pfeil dient zur Veranschaulichung davon, daß dieselbe während der Drehung des Apparates sich selbst parallel bleibt. Mit dem Rade  $III_1$  oder  $III_2$  kann man mittels Preßschrauben einen um die Achse  $O_3$  drehbaren (weiß lackierten) Arm fest verbinden. Auf dem Arme ist eine kleine, längs des Armes verschiebbare Klemme angebracht, welche zur Aufnahme einer glühenden Kohle, versilberten Kugel u. s. w. dient. Verbindet man den Arm mit dem Zahnrade  $III_1$  fest, so sieht man während ziemlich schneller Drehung des Apparates (des Hebels  $O_1 O_2 O_3$ ) einen Kreis, den z. B. die glühende Kohle beschreibt. Verbindet man hingegen den Arm mit dem Zahnrade  $III_2$ , so sieht man bei langsamer Drehung des Apparates die Drehung des Armes um das Zentrum  $O_3$  in entgegengesetzter Richtung der Drehung des Zentrums  $O_3$  (mit der ganzen Scheibe) um das Zentrum  $O_1$ , wobei der rote Pfeil auf der Scheibe die Verfolgung der Bewegung des Armes erleichtert. Ebenfalls ist es auch leicht ersichtlich, daß während einer ganzen Um-

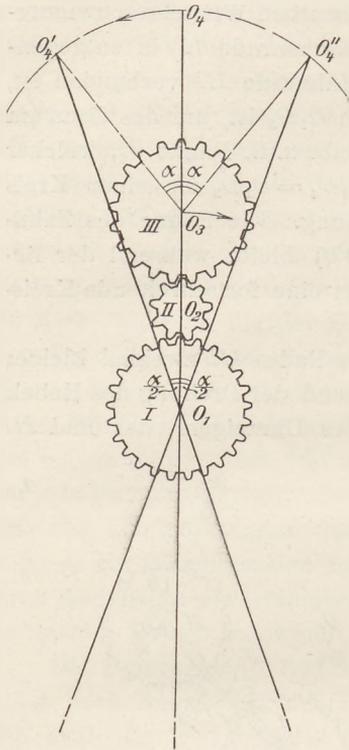


Fig. 2.

eine Verzögerung um  $\alpha$ ), so bekommt man eine harmonische Bewegung längs  $O_4''O_1 \dots$ : die Schwingungsrichtung ist um  $\frac{\alpha}{2}$  nach rechts gedreht. Befestigt man die Klemme

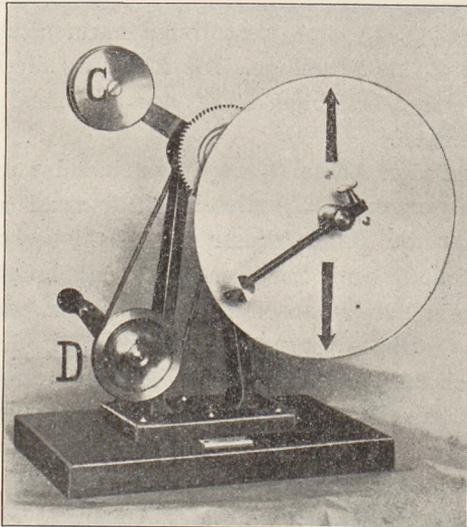


Fig. 3.

rotierenden Systems. Die Anzahl der Zähne an den Rädern I und  $III_1$  beträgt je 72, auf dem Rade  $III_2$  36 und auf dem Zwischenrade II 12. Zur Drehung des Apparates dient die Kurbel D mit Schnurscheibe. Eine kleinere Schnurscheibe mit Zentrum in  $O_1$  ist mit dem Hebel  $O_1O_2O_3$  fest verbunden.

drehung der Scheibe um die Achse  $O_1$  der Arm auch eine ganze Umdrehung um die Achse  $O_3$  in entgegengesetzter Richtung macht. Bei rascher Drehung des Apparates sieht man die resultierende Bahn beider Bewegungen.

Den Apparat konstruierte ich (so wie auch J. VAN DAM), um die Fresnelsche Erklärung von der Drehung der Polarisationssebene des Lichtes begrifflich zu machen. Dazu verfährt man zweckmäßig folgendermaßen. Man stellt zuerst den Apparat so, daß die Gerade  $O_1O_2O_3$  z. B. vertikal steht (Fig. 2); man stellt auch den Arm  $O_3O_4$  vertikal und verbindet ihn mit dem Zahnrade  $III_2$ . Die Klemme  $O_4$  befestigt man in der Entfernung  $O_3O_4 = O_1O_3$ . Bei rascher Drehung des Apparates sieht man eine gerade vertikale (harmonische) Bewegung. Befestigt man den Arm, während die Gerade  $O_1O_2O_3$  vertikal steht, in der Lage  $O_3O_4'$  (was zeigen soll, daß der linke Strahl eine Beschleunigung um  $\alpha$  erfahren hat), so sieht man eine gerade (harmonische) Bewegung längs  $O_4'O_1 \dots$ : die Schwingungsrichtung ist um  $\frac{\alpha}{2}$  nach links gedreht. Wird der Arm um denselben Winkel nach entgegengesetzter Richtung gedreht und befestigt ( $O_3O_4''$ ; der linke Strahl erfährt

eine Verzögerung um  $\alpha$ ), so bekommt man eine harmonische Bewegung längs  $O_4''O_1 \dots$ : die Schwingungsrichtung ist um  $\frac{\alpha}{2}$  nach rechts gedreht. Befestigt man die Klemme  $O_4$  in der Entfernung  $O_3O_4$ , die kleiner oder größer als  $O_1O_3$  ist, so kann man außer der Drehung der Polarisationssebene auch die elliptische Polarisation, welche bei Durchgang eines linear-polarisierten Strahles durch eine Substanz, die ungleich beide zirkular-polarisierten Strahlen absorbiert, eintritt, demonstrieren.

Fig. 3 zeigt den Apparat in der Gestalt, welche ihm Hr. R. Woltmann, Mechaniker des physikalischen Kabinetts des polytechnischen Instituts in Warschau, gegeben hat. In diesem Apparate beträgt die Entfernung  $O_1O_3$  ungefähr 8,5 cm; die Amplitude der harmonischen Schwingung ist also zirka 17 cm. Außer Teilen, deren Bedeutung aus obigem verständlich ist, bedeutet C ein Gegengewicht zur Ausbalancierung des

## Vorlesungsversuche mit elektrolytisch dargestelltem Calcium.

(Erste Reihe.)

Von

Prof. O. Ohmann in Berlin.

Das neuerdings von den Elektrochemischen Werken in Bitterfeld, von Siemens u. a. in größeren Mengen elektrolytisch aus dem Chlorid, unter Zusatz von Fluorid, abgeschiedene Calcium war bereits mehrfach der Gegenstand von Untersuchungen (vergl. ds. Zeitschr. *XVIII* 234). Seit einer Reihe von Monaten mit dem neu zugänglichen Element beschäftigt, kam ich mehr und mehr zu der Überzeugung, daß wir es hier mit einem Körper zu tun haben, der bei Demonstrationsversuchen in jedweden chemischen Unterricht vorzügliche Dienste zu leisten vermag; denn die Reaktionsfähigkeit des neuen, wenigstens in der vorliegenden Form neuen Stoffes ist eine ähnlich große wie die des Magnesiums und Natriums. — Bei den nachfolgend mitgeteilten Versuchen kann es sich nicht darum handeln, irgendwelche neue Verbindungen aufzudecken — alle vorkommenden Verbindungen sind seit langem bekannt — sie sollen im wesentlichen nur zeigen, in welcher Weise sich das neue Material zu Demonstrationzwecken verwenden läßt, und insbesondere dessen große Reaktionsfähigkeit zur Anschauung bringen. Ein paar Punkte gewähren vielleicht auch einiges wissenschaftliche Interesse. Bei mehreren Versuchen konnten die früher in dieser Zeitschrift (*X* 169, *XI* 226 u. a.) von mir mitgeteilten Arbeitsmethoden mit Nutzen verwendet werden.

Noch eine Vorbemerkung bezüglich des Materials sei gestattet. Die von den genannten Werken dargestellten Stangen — Fig. 1 zeigt eine solche, direkt aus dem elektrischen Ofen hervorgegangene, im Gewicht von  $\sim 150$  g, bei einer Länge von  $\sim 10$  cm — halten sich ohne besonderes Medium in festverschlossenen Gefäßen gut, sind aber ein recht hartes, schwer zu bearbeitendes Material; obgleich es nur den mineralogischen Härtegrad 3 hat, ist ihm mit Messer, Zange, selbst Meißel nicht leicht beizukommen. Mit einem längeren Hebelmesser kann man schon zu einzelnen Versuchen brauchbare dünne Scheibenstückchen abspalten. Da es aber für die meisten Zwecke erwünscht ist, den Stoff in mehr zerkleinerter Form zur Verfügung zu haben, ließ ich ein Quantum teils mit gröberer Feile, teils mit feinerem Reibeisen zerkleinern. Das relativ beste und schnellste Resultat erhielt ich schließlich mit einem Drehereisen: ein Material etwa von der Art der Eisenfeilspäne; diese „Calciumspäne“ liegen den meisten Versuchen zugrunde. Berücksichtigt man, wie ausgiebig eine solche Calciumstange ist, wenn man sie zu Reibespänen zerkleinert, so kann man das neue Metall nicht gerade teuer nennen<sup>1)</sup>.



Fig. 1.

<sup>1)</sup> Die Elektrochemischen Werke (die Calcium nur in größeren Mengen, von 1 kg an, abgeben) stellen inzwischen sog. „Calciumgries“ her, ein Material, das etwas gröber als die obigen Reibespäne, aber zu manchen Versuchen bereits gut verwendbar ist. Trotzdem ist für viele Versuche ein noch feineres Metall erwünscht; die Firma Dr. Hermann Rohrbeck, vorm. J. F. Luhme & Co. (Berlin NW., Karlstr. 20a) liefert ein „annähernd pulverförmiges“ Calcium 100 g zu 4 M. Dieselbe Firma liefert Calcium in Stangenform 100 g zu 2,50 M, Calciumgries zu 3 M.

## a) Verbindung des Calciums mit Sauerstoff.

1. Bringt man eine beliebige Menge von Calciumspänen auf ausgeglühte, auf einem Dreifuß befindliche Asbestpappe — der man zur besseren Demonstration die aus Fig. 2 ersichtliche Faltung gibt — legt an den Rand der Anhäufung eine winzige Menge eines vorrätig gehaltenen Gemisches von Eisenpulver mit Kalium chloratum (pulveratum), entzündet dieses mit einer bereitgestellten, mit Fuß versehenen glühenden Stricknadel (vergl. Fig. 3), so überträgt sich die Entzündung auf das Metall, und dieses verbrennt mit glänzendem Licht, wobei die Dämpfe die bekannte charakteristische gelbrötliche Färbung zeigen.



Fig. 2.

2. Der vorstehende Versuch gibt zwar bereits eine Probe von der chemischen Energie unseres Körpers. Da Calcium jedoch eine ebenfalls starke Affinität zum Stickstoff besitzt, kann er nicht genügen, sondern es ist noch ein exakter Versuch nötig. Die Versuchsanordnung ist dieselbe, wie in dieser Zeitschrift XI 227 beschrieben (Fig. 3). Man bringt auf ein kleineres Stück ausgeglühter Asbestpappe etwa 1 g Calciumspäne und fügt wie bei Versuch 1 einen Zünder, diesmal nur Eisenpulver,

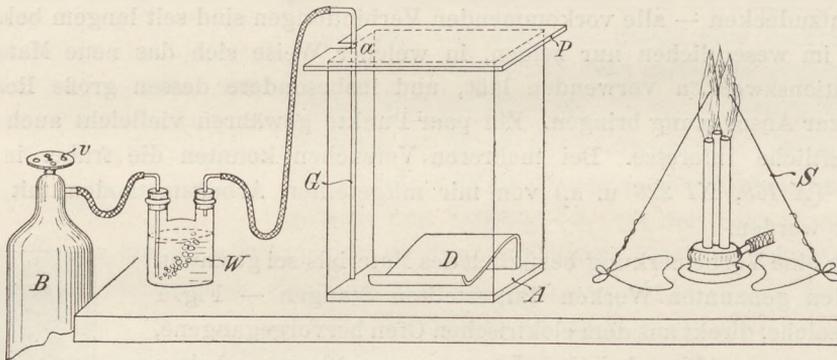


Fig. 3.

hinzu, senkt das Ganze ohne Erschütterung in das Glasgefäß *G* und legt es auf die Asbestpappe *D*. Nunmehr füllt man *G* durch Luftverdrängung mit Sauerstoff aus der Bombe (hat man den Gasstrom geregelt, so kann man das linke Glasrohr aus dem Wasser der Woulff'schen Flasche *W* herausheben), verschiebt die das Gefäß bedeckende Asbestplatte ein wenig, so daß bei *P* eine kleine dreieckige Öffnung entsteht, führt durch diese die bereitstehende, mit Fuß versehene glühende Stricknadel *S* ein und berührt damit das Eisenpulver. Die nun folgende Oxydation des Calciums ist außerordentlich blendend und verläuft so schnell, daß man kaum Zeit hat, das Glasrohr bei *G* (dem immerfort ein schwacher Strom Sauerstoff entströmt) zu ergreifen und den Gasstrom direkt auf die Masse zu leiten — eine Manipulation, die bei ähnlichen Versuchen von großem Nutzen ist. — Man kann zu dem Versuch auch ein kleineres kompaktes Stück Metall verwenden, doch erfolgt die Zündung nicht mit gleicher Sicherheit.

3. Erhitzt man ein etwa 1 g schweres, mit der Zange gefaßtes Stück Calcium vor dem Sauerstoff-Leuchtgasgebläse, so erfolgt ein intensives Leuchten, wobei die Masse allmählich abschmilzt (der Schmelzpunkt liegt bei  $800^{\circ}$ ); man fängt sie mit einer darunter gebreiteten Asbestpappe auf.

## b) Zersetzung des Wassers durch Calcium.

Diese kann in verschiedener Weise vorgenommen werden und ist in allen Fällen ein so instruktiver Vorgang — insbesondere wegen der sichtbaren Hydroxydbildung —

daß sie vermutlich fortan ähnlich oft ausgeführt werden wird wie die Zersetzung durch Natrium.

4. Man bringe auf die Brücke der pneumatischen Wanne, dort, wo keine Zuleitungsöffnung ist, ein paar etwa pfenniggroße Schnitzel des Metalles und stülpe den Fußzylinder darüber, so daß dieser den Rand der Brücke eine Spur überragt (vergl. Fig. 4). Es zeigt sich ein lebhaftes Aufperlen von Gas wie bei einer kräftigen Elektrolyse von verdünnter Schwefelsäure. Die Metallstückchen fangen an sich zu bewegen und steigen auf und nieder. Das Wasser wird bald weißlich trübe infolge der Bildung von Calciumhydroxyd, die sichtlich auf die weitere Gasentwicklung hemmend wirkt, so daß es bei dieser Versuchsanordnung schwer hält, einen größeren Fußzylinder ganz mit dem Gase zu füllen. Das gewonnene Gas enthält, wie der Geruch verrät, Spuren von Acetylen. Hebt man den halbgefüllten Zylinder heraus und gießt von dem trüben Inhalt in rote Lackmuslösung, so tritt sofort Blaufärbung ein. — Nimmt man den Versuch mit etwa auf  $50^{\circ}$  erwärmtem Wasser vor, so ist die Gasentwicklung zuerst mindestens doppelt so lebhaft, verlangsamt sich aber ebenfalls ziemlich bald.

4a. Setzt man dem Wasser des Zylinders vor dem Einführen etwas rote Lackmus- oder Phenolphthaleinlösung zu, so wird es in kurzer Zeit blau bzw. rot gefärbt.

5. Wendet man das Metall in Form der Reibespäne an, so ist die Entwicklung bedeutend lebhafter. Man schütte  $1\frac{1}{2}$  bis 2 g der Substanz auf ein einmal gefaltetes Blatt Papier und lasse in der Rinne das Calcium so auf die Brücke hinabgleiten, daß es möglichst beisammen bleibt, wobei man nicht zu langsam operiere. Der daneben bereitstehende Zylinder wird unverzüglich angehoben und ruhig auf das angehäufte Metall gesetzt. Die Gasentwicklung ist in den ersten Momenten mäßig, doch werden viele Späne sogleich mit in die Höhe gerissen, dann aber wird sie fast stürmisch, so daß ein Zylinder von mehr als 600 ccm in wenigen Sekunden mit Gas angefüllt ist. Sicherer ist es, das Metall nicht direkt auf die Brücke, sondern vorher in eine schnell aus einem kreisrund geschnittenen Stückchen Drahtnetz (a Fig. 4) geformte kleine Schale b zu schütten, diese rasch auf die Brücke zu setzen und wie soeben zu operieren (Fig. 4). Das Wasserniveau der Wanne muß bei diesen Versuchen die Brücke wenigstens zwei Finger breit überragen.

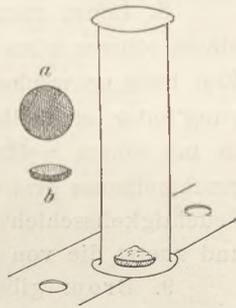


Fig. 4.

6. Zersetzung von dampfförmigem Wasser. Man fülle ein schwer schmelzbares Probierringlas (aus Jenaer Glas von der Firma Schott) durch ein Trichterrohr mit Wasser bis zu etwa  $\frac{1}{6}$ , stopfe dann mit einem Glasrohr so viel Asbestwatte ( $a_1$  Fig. 5) in das Wasser hinein, bis beim Neigen kein Fließen mehr stattfindet. Hierauf falte man ein ausgeglühtes längliches Stück Asbestpapier ( $a_2$ ), so daß es doppelt liegt, und kniffe dieses noch ein, so daß eine Rinne entsteht, in welche man die Calciumspäne schüttet, und schiebe das Ganze in das Probierringlas bis an die Asbestwatte. Dann setze man einen Kautschukpfropfen mit Abzugsrohr fest ein, befestige letzteres an der Stativklemme *St* und stelle die Verbindung zur Wanne her, in der ein Fußzylinder bereit steht. Erwärmt man nun mit einem dauernd in der Hand gehaltenen Drahtnetzblech vorsichtig erst das ganze Probierringlas ein wenig, dann ein paar Sekunden bei  $a_1$ , hierauf schärfer beim Calcium  $a_2$ , wobei man die Flamme noch einmal bis zu  $a_1$  führt (eine zweite Flamme zu Hilfe

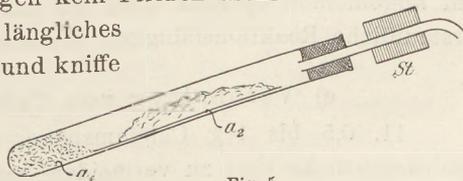


Fig. 5.

zu nehmen, ist kaum nötig), so beginnt in kurzer Zeit das Calcium hell zu glühen. Von diesem Moment an erhitzt man bei  $a_1$  intensiv. Die Ausbeute an Gas ist nicht sehr groß, aber genügend, um die Verpuffung zu zeigen; dafür ist die oxydische Veränderung, als rein weißer Überzug, sehr deutlich. — Auch in größerem Maßstabe, mit besonderem Wassergefäß und schwer schmelzbarer Glasröhre empfiehlt sich der Versuch (vergl. die Versuchsanordnung in ds. Zeitschr. XIV 5, unter Ersetzung des Probierröhrchens durch einen Rundkolben).

c) Bildung von Calciumhydrür.

7. Man fülle ein schwer schmelzbares Kugelrohr etwa zur Hälfte mit Calciumspänen, leite einen Strom getrockneten Wasserstoffs darüber und erwärme mit dem Drahtnetzblech mäßig. Beim bald eintretenden Beginne des Erglühens entferne man die Flamme, die Reaktion setzt sich in ruhigem Weiterglühen durch die ganze Menge fort. Das Produkt ist an der Oberfläche etwas dunkel; dreht man jedoch nach dem Erkalten die Röhre um  $180^\circ$  und klopft mit dem Finger gegen die Kugel, so fällt die Menge herab, und man kann an der runden Fläche die weiße Farbe des Calciumhydrürs beobachten. Das Produkt zersetzt das Wasser lebhaft. Der Versuch ist recht geeignet, um an einem Beispiel die Affinität der leichten Metalle zum Wasserstoff zu zeigen.

d) Verbindung von Calcium mit Halogenen.

8. Leitet man einen Chlorstrom über Calciumspäne, die sich wiederum in einem schwer schmelzbaren Kugelrohr befinden, so tritt keine deutliche Reaktion ein. Erst beim schwachen Erwärmen der Kugel tritt nach wenigen Sekunden die Vereinigung unter sehr hellem, lang andauerndem Glühen ein. Die ganze Wandung der Kugel ist mit einem weißen Anflug von Chlorcalcium bedeckt, die Hauptmenge stellt ein geschmolzenes grauweißliches Salz dar, das sich an der Luft in kurzer Zeit mit einer Feuchtigkeitsschicht bedeckt. — Es empfiehlt sich, ein Doppelkugelrohr zu verwenden und zuerst die von der Chlorquelle entferntere Kugel zu erwärmen.

9. Brom gibt mit wenig Calciumspänen im Jenaer Probierröhrchen zuerst keine Reaktion. Beim Erwärmen zeigt sich zunächst ein eigentümliches Funkenspringen, bis plötzlich heftigste Glüherscheinung eintritt, die das Glas zum Schmelzen bringt.

10. Jod und Calciumspäne vereinigen sich unter denselben Umständen in ähnlicher Weise (aber ohne das Funkenspringen); die Reaktion ist etwas milder, wenn gleich noch immer lebhaft zu nennen.

Für diese und die noch folgenden Versuche im Probierröhrchen ist es notwendig, daß unmittelbar neben dem (Drahtnetz-) Brenner ein Stück Asbestpappe liegt, über die man bei eintretender Reaktion das (stets senkrecht gehaltene) Probierröhrchen bringt. Im allgemeinen operiere man mit nur geringen Mengen, da auch dann schon die erstaunliche Reaktionsfähigkeit des Metalles genügend sichtbar wird.

e) Verbindung von Calcium mit Schwefel und Selen.

11. 0,5 bis 1 g Calciumspäne, mit nur wenig, etwa 0,1 g Schwefelblumen (Schwefelstücke sind zu vermeiden) vermischt und im schwer schmelzbaren Probierröhrchen erhitzt, vereinigen sich unter sehr lebhaftem Erglühen, wie es der hohen Bildungswärme von 89,6 Cal. entspricht. Ein Nachleuchten des erkalteten und belichteten Produktes ließ sich bisher nicht erkennen.

12. Vermischt man  $\frac{1}{2}$  g Calciumspäne mit etwa 0,1 g amorphem, im Mörser gepulvertem Selen und erwärmt im Jenaer Probierröhrchen, so zeigt sich nach wenigen Sekunden eine heftige Reaktion mit glänzender Lichterscheinung. Das Produkt

schmilzt sich in das Probierglas ein, und außerdem treten am Glase hundertfältig die charakteristischen quecksilberähnlichen Kügelchen von sublimiertem Selen auf, besonders wenn man etwas mehr Selen und weniger Calcium anwandte.

Der Sicherheit halber kann man bei diesen beiden Versuchen, sowie beim Phosphor und vielleicht noch bei den Halogenen die Schutzglasplatte aufstellen; dringend geboten ist dies jedoch nicht, denn ein eigentlich explosionsartiger Verlauf der Reaktion war bisher bei den Versuchen nicht zu beobachten. Natürlich muß man, wie bei allen Versuchen, bei denen ein Heraussprühen von Masse möglich ist, die Richtung des Probierglases stetig bedenken.

f) Verbindung von Calcium mit Phosphor.

13. 1 g Calciumspäne bringe man zur Hälfte in ein Jenaer Probierglas, lege ein kleines, nicht ganz erbsengroßes Stück weißen, gut getrockneten Phosphors darauf (es empfiehlt sich, das Trocknen von Phosphorstücken nicht auf Fließpapier, sondern auf ausgeglühtem Asbestpapier vorzunehmen) und schütte die andere Hälfte des Calciums darüber. Bei vorsichtigem Erwärmen des senkrecht eingespannten Probierglases (unter das man eine Asbestpappe legt) erfolgt nach wenigen Sekunden eine blendende, aber ungefährliche Reaktion, wobei der ganze Inhalt auf ein Minimum zusammenschrumpft. (Der Versuch beweist wie schon mancher der vorigen beiläufig die Festigkeit und Brauchbarkeit der Jenaer Gläser.) Beim Zertrümmern des Glases zeigt sich das Produkt zuweilen so hart, daß es nur mit Mühe zu zerschlagen ist. Die Stücke entwickeln in einer Schale mit warmem Wasser reichliche Mengen von selbstentzündlichem Phosphorwasserstoff. Man hat es so in der Hand, diesen charakteristischen Vorgang in wenigen Minuten mit selbstdargestelltem Material sicher zu demonstrieren, wozu älteres Material nicht immer geeignet ist. Übrigens kann man das auffällig feste und schwere Produkt noch unterrichtlich verwerten, indem man darauf hinweist, wie Energieverlust stets zu größerer Dichte führt. Ein kompaktes Stück zeigte die Dichte von 4,3 gegenüber 1,8 beim Phosphor und 1,54 (nach Arndt, vergl. diese Zeitschr. XVIII 235) beim neuen Calcium. Es dürfte nicht viel Versuche geben, bei denen die Gegensätze so erhebliche sind, und gleichzeitig das Exothermische des Vorganges sich so gut demonstrieren läßt. — Roter Phosphor läßt sich zu dem Versuch gleichfalls verwenden, doch ist dies nicht empfehlenswert; die Reaktion verläuft hier, vermutlich weil dem roten Phosphor immer etwas Feuchtigkeit anhaftet, viel heftiger, so daß das Glas zum Abschmelzen kommt. Das Produkt ist wenig brauchbar, wenngleich es noch spärlich das erwähnte Gas entwickelt.

g) Verhalten zu Säuren.

14. Behandelt man in einem Kelchglase 1—2 g Calciumspäne mit verdünnter Chlorwasserstoffsäure, so löst es sich unter lebhaftester Wasserstoffentwicklung schnell auf. Bemerkenswert, wenn auch leicht erklärlich, ist die dabei auftretende starke Erwärmung. — Verdünnte Schwefelsäure gibt in gleicher Weise reichliche Gasblasen, die sich in bekannter Weise verpuffen lassen, jedoch kein gelöstes Produkt, sondern reichlichen Sulfatschlamm. — Die stürmische Einwirkung auf Salpetersäure verdient gleichfalls im Kelchglase gezeigt zu werden. — Die Einwirkung auf Orthophosphorsäure ist verhältnismäßig lebhaft.

h) Verhalten des Calciums zum Kohlendioxyd.

15. In dieser Zeitschrift (X 174) zeigte ich, wie man durch Magnesiumpulver in einer Kohlendioxydatmosphäre eine reichliche Abscheidung von Kohlenstoff er-

halten könne. Man kann mit derselben Versuchsanordnung oder — noch einfacher — mit der oben bei Versuch 2 beschriebenen die Einwirkung von Kohlendioxyd auf Calcium demonstrieren. Man bringe auf die Asbestpappe 2 g Calciumspäne, gebe als Zünder wiederum das Eisen-Kaliumchloratgemisch hinzu, bringe das Ganze in das mit Kohlendioxyd (aus der Bombe oder Kippischem Apparat) gefüllte Gefäß *G* (Fig. 3) und entzünde mit der Glühnadel. Das Calcium erglüht sehr lebhaft, beinahe so stark wie an der Luft, und man kann die Intensität des Vorganges durch Aufleiten von Kohlendioxyd aus dem Glasrohr noch weiter steigern. Der Vorgang zeigt, daß Calcium gleichwie Magnesium das Kohlendioxyd zu zersetzen vermag. Der gebildete Kohlenstoff tritt aber nicht so deutlich hervor, wie dort, besser nach Behandeln mit Salzsäure.

#### i) Verhalten des Calciums beim Schlagen.

Im Begriff, die Härte des Metalles näher zu erproben, beobachtete ich, daß es beim Streifen gegen die Kante eines geologischen Hammers wider Erwarten einzelne Funken gab. Da sogleich feststand, daß diese Funken nur aus dem Calcium stammen können, bearbeitete ich ein Metallstück auf dem Amboß mit demselben sehr harten Hammer. Der Erfolg war ein überraschender. Als nämlich das Calcium eine gewisse Dünne erreicht hatte, brach fast bei jedem kräftigen Schlage ein hell leuchtendes Funkenbüschel aus dem Metall hervor. Es ist bemerkenswert, wie ausgiebig noch sehr kleine Metallplatten sind. Plättchen von kaum 1 cg Gewicht gaben noch zahlreiche kräftige Flammenbüschel; selbst die letzten kaum mg schweren Plättchen, die zumeist am Hammer haften blieben, gaben, im Halbdunkel beobachtet, noch eine 20 bis 30 malige schwache Lichterscheinung. Im allgemeinen trat die Erscheinung bei den dünnen Calciumplatten in zwiefacher Weise auf: Einerseits zeigte sich am geschlagenen Metall selbst ein ziemlich eng umgrenztes, intensives Aufflammen ohne nennenswerte Funkengarbe, andererseits traten ohne ein derartiges Aufleuchten Funkenfarben mit einzelnen sehr langen Ausläufern auf. Jede dieser Lichterscheinungen zeigte deutlich die rötlichgelbe Färbung, wie sie für die Flammenreaktion des Calciums charakteristisch ist.

Leitet man mittels einer nahezu senkrecht gehaltenen weiteren Röhre einen mäßigen Sauerstoffstrom aus der Bombe auf das Metall, so werden die Flammenbüschel noch stärker leuchtend. Leitet man ebenso (aus engerer Röhre) Leuchtgas oder Wasserstoffgas darauf, so reicht jedes einigermaßen kräftige Lichtbüschel hin, um das Gas zu entzünden.

Vorstehende Beobachtungen und Aufzeichnungen erfolgten im Sommer vorigen Jahres. Ich unterließ damals eine Veröffentlichung, weil ich die Sache gleich weiter verfolgte und zu Ergebnissen und Folgerungen gelangte, die ich erst zu einem gewissen Abschluß bringen wollte. Da aber inzwischen das Aufleuchten des Calciums beim Schlage auch anderweitig beobachtet worden ist, möchte ich mir die Wiedergabe wenigstens der vorstehenden Beobachtungen an dieser Stelle erlauben. In einem der letzten Hefte der *Berichte der D. Chem. Ges.* (Jahrg. 39, Heft 1; 1906) macht Herr Dr. L. DOERMER von derselben Erscheinung eine kurze vorläufige Mitteilung. Aus dieser geht hervor, daß das Aufleuchten bereits von einem Amerikaner, Herrn JOSEPH H. GOODWIN, beobachtet wurde, als er gerade auch papierdünne Blättchen elektrolytischen, aber unreinen, kristallinischen Calciums mit dem Hammer bearbeitete. Im übrigen scheint es mir bei der Sache weniger auf die Priorität in der Beobachtung der Erscheinung anzukommen — denn diese dürfte sich den meisten, die sich mit dem neuen Metall praktisch beschäftigen, bald irgendwie zeigen — sondern auf die richtige

Ausdeutung derselben. Meine Auffassung der Erscheinung sowie die Ergebnisse meiner bisherigen weiteren Untersuchung sind inzwischen in den *Berichten d. D. chem. Ges.* (Jahrg. 39, Heft 4; 1906) veröffentlicht; ich hoffe im nächsten Heft dieser Zeitschr. darüber nähere Mitteilungen machen zu können.

16. Als Vorlesungsversuch empfehle ich nun, bei halbverdunkeltem Zimmer:

a) ein etwa haselnuß- oder auch nur erbsengroßes Stück Calcium auf dem Amboß (dem Tücher zur Schalldämpfung untergelegt sind) mit kräftigem Hammer zu bearbeiten, bis die Funkenbildung eintritt, und — um die Ausgiebigkeit zu demonstrieren — an einem kleinen Spaltstück dies so lange fortzusetzen, bis das Metall sozusagen verschwindet;

b) bei einem neuen kleinen Spaltstück nach dem Auftreten des ersten Funkenbüschels aus der Röhre *R* (Fig. 6) Sauerstoff, wie oben angegeben, darauf zu leiten, um die gesteigerte Wirkung zu zeigen;

c) bei einem neuen oder demselben Stück *a*) Leuchtgas und danach *β*) Wasserstoffgas aus engerer Röhre aufzuleiten und Funkenbüschel hervorzurufen, bis die Entzündung des Gases erfolgt.

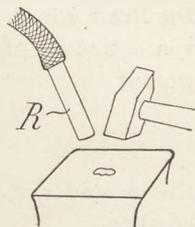


Fig. 6.

## Die magnetische Zeigerwage

zur Bestimmung der Polstärke eines Stabmagnets, der horizontalen Feldstärke des Erdmagnetismus, der Feldstärke in einem beliebigen Punkt eines magnetischen Felds sowie zur Demonstration des Coulombschen Gesetzes.

Von

Prof. Dr. RuosB in Stuttgart.

1. Um ohne Zugrundlegung des Trägheitsmoments die horizontale Feldstärke des Erdmagnetismus zu bestimmen und ohne Benützung der Drehwage das Coulombsche Gesetz zu demonstrieren, sind in den letzten 10 Jahren verschiedene Methoden und Apparate angegeben worden. Keiner dieser Apparate dürfte sich aber messen können mit dem Polpendel oder der magnetischen Zeigerwage, die in wenigen Minuten ermöglicht, das Coulombsche Gesetz experimentell zu zeigen und Feldstärken und Polstärken in absolutem Maß zu messen. Die bisherigen Methoden teilen wir in 2 Arten ein:

a) Methoden, die auf Messung kleiner horizontaler Kräfte beruhen. Bei allen diesen Methoden wird ein Pol der horizontal schwingenden Magnetnadel mit einem besonderen Apparat, Dynen-Messer genannt, verbunden. Die Verbindung geschieht bei PÜNIG (ds. Zeitschr. X, S. 288) mittels eines Frauenhaares, bei KLEIBER (X, S. 72) durch direkte Berührung. NOACK (XV, S. 194) und DECHANT (XIV, S. 292) benützen als Dynen-Messer eine Analysenwage, mit deren Zunge die Verbindung des Poles geschieht.

b) Methoden, die auf Messung kleiner vertikaler Kräfte beruhen. SCHWEDOFF (XVI, S. 321) bedient sich einer besonderen Vorlesungswage, bei der das Gleichgewicht bis auf Gramm durch Auflegen von Gewichten, bis auf  $\frac{1}{100}$  Gramm durch Auslösen der Spannkraft einer Spirale bestimmt wird. Er ermittelt so die Anziehung zweier vertikal übereinander liegender Pole. Die Magnete sind dicke an den Enden verbreiterte Stabmagnete. — GRIMSEHL (XVI, S. 334) benützt eine Wage (Polwage), deren einer Arm aus einer magnetischen Stricknadel besteht, deren anderer ein Messingdraht ist. Der Messingdraht ist in gleiche Teile geteilt. Der Gewichtssatz besteht aus Reitergewichten. Mit einer solchen Wage Wägungen von 1,6 mg auszuführen, wie es GRIMSEHL angibt, vollends bei einem Vortrag ohne einen Glasverschluß, dürfte nicht leicht sein. Unter Ignorieren des zweiten Pols des genäherten Magnets findet GRIMSEHL das Coulombsche Gesetz bestätigt für die Polabstände von 6—15 cm; ich werde aber am Schlusse zeigen, daß der vernachlässigte Pol die gemessene abstoßende

Kraft um  $\frac{1}{4}$  verringern muß, und daß aus diesem Grund die abstoßenden Kräfte sich wie 4 : 1 verhalten in den Entfernungen 7 und 13,2 cm (statt 14 cm), und daß dies auch experimentell zutrifft bei stark gesättigten Magneten, welche der Induktion nur in ganz geringem Grade unterworfen sind.

Bei allen besprochenen Apparaten wird die Bestimmung der Polstärken dadurch wesentlich erschwert, daß es nicht gelingt, zwei gleich starke Stabmagnete herzustellen. Hat nämlich ein Stabmagnet die Polstärke  $m$ , so braucht man zur Bestimmung von  $m$  zwei Hilfsmagnete, deren Polstärke  $m_1$  und  $m_2$  sein mögen; es sind dann 3 Messungen erforderlich. Die Kraft  $k$  in der Entfernung  $e$  zwischen  $m$  und  $m_1$  gibt  $m \cdot m_1 = ke^2$ ,  $k_1$  in der Entfernung  $e_1$  von  $m$  und  $m_2$  gibt  $m \cdot m_2 = k_1 e_1^2$ ,  $k_2$  in der Entfernung  $e_2$  von  $m_1$  und  $m_2$  gibt  $m_1 \cdot m_2 = k_2 e_2^2$ , woraus

$$m = \frac{e e_1}{e_2} \sqrt{\frac{k k_1}{k_2}}$$

Hierin sind  $k, k_1, k_2$  bei den Apparaten unter b durch Wägung;  $e, e_1, e_2$  durch Abmessung erhalten.

Wäre dagegen  $m_1 = m$ , so wäre nur eine Messung erforderlich, es wäre dann

$$m = e \sqrt{k}$$

Nun lassen sich aber, und dies ist für unseren Apparat wesentlich, gleich starke Stabmagnete sehr einfach herstellen.

Von einer Sorte Nadeln nimmt man zwei und macht sie (durch etwa 50 maliges Streichen mit 2 Stabmagneten) stark magnetisch. Stellt man die eine in der Nähe einer Kompaßnadel vertikal auf und ersetzt sie dann durch die andere, so muß die Kompaßnadel gleichen Ausschlag ergeben, wenn die Nadeln gleich starke Pole haben. Ist die eine noch etwas zu schwach oder zu stark, so kann man sie durch Streichen mit Stabmagneten leicht auf gleiche Stärke mit der andern bringen. Da in der Regel die Differenz in der Stärke gering, so genügt ein Streichen ohne direkte Berührung, wobei man die Nadel mit einem mindesten 1 cm dicken Holz umgibt.

Das Polpendel stützt sich zunächst auf den Satz: Wirken in einem beliebigen Punkt  $S$  (Fig. 1) eines vertikal um einen Punkt  $N$  drehbaren Stabes der Reihe nach parallele, horizontale

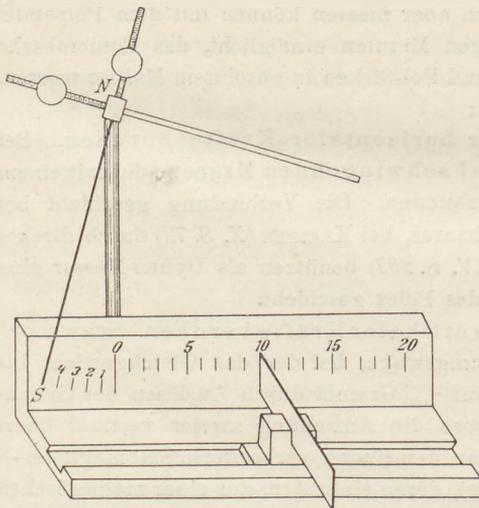


Fig. 1.

Kräfte, die sich wie 1:2:3:4 verhalten, so werden auf einer beliebigen Horizontalen von den Gleichgewichtslagen des Stabes gleiche Strecken ausgeschnitten. Der vertikale Stab  $NS$  ist hier die magnetische Pendelnadel, die sich um ihren Nordpol drehen kann. Nähert man dem Südpol  $S$  der Pendelnadel den Südpol  $S_1$  eines beliebigen anderen Stabmagnets, so wird das Pendel abgestoßen, und die abstoßende Kraft ist, auch bei beliebig großen Ausschlägen, proportional dem Ausschlag, der auf der oberen Horizontalen der Zentimeter-skala entsteht.

Um den Wert eines cm in Dynen zu erhalten, ist in  $N$  ein horizontaler Arm angebracht, auf den ein Reiter von 48 Dynen (49 mg) aufgesetzt werden kann in einer Entfernung vom Drehpunkt, welche gleich  $NS$  ist. Wird das

Polpendel für Vorlesungszwecke angewendet, so ist darauf Bedacht zu nehmen, daß die Pendelnadel, aus der Gleichgewichtslage gebracht, rasch zur Ruhe kommt und doch hinreichend empfindlich ist. Durch angebrachte Regulierschrauben kann man nun der Wage sehr leicht, einfach und sicher jede beliebige Empfindlichkeit verschaffen.

Bezüglich der kleinsten zulässigen Polentfernung bei Messung der Polstärke steht es mit der Zeigerwage besonders günstig; denn das am Schlusse theoretisch berechnete Verhältnis zwischen den Polkräften bei kleinen Entfernungen (herab bis 5 cm) und großen Entfernungen stimmt gut überein mit dem tatsächlichen Verhältnis, wie es die Magnete mit der Wage liefern; es ist nur erforderlich, daß bei der Berechnung die Wirkung des dritten abgewandten Poles berücksichtigt wird; überdies lassen sich durch Veränderung der Empfindlichkeit der Wage die Messungen bei beliebigen Polentfernungen vornehmen.

Dem Apparat ist eine magnetische Stahl-nadel beigegeben, welche gleiche Stärke mit der Pendelnadel besitzt; zur Prüfung dieser Gleichheit verwendete man obiges Verfahren und korrigiere eventuell die Stärke der zweiten Nadel, was in wenigen Minuten durchführbar ist.

Da gewöhnliche Stahlnadeln schon nach einigen Wochen ganz bedeutend an Stärke verlieren und auch zu schwach magnetisch werden, so mußten besonders ausgeschmiedete Stahlstäbe verwendet werden, deren Pole nach einem am Schlusse angegebenen Verfahren bestimmt wurden.

2. *Absolute Messungen.* Vor Beginn der Messung ist die Pendelnadel durch die Regulierschrauben auf den Nullpunkt 0 der Skala zu bringen. Da die Skala von 0 aus nach links und rechts verläuft, so kann der Ausschlag direkt abgelesen werden, während die Polentfernung  $SS_1 = S_0 + S_1, 0$  durch Addition erhalten wird. Die Regulierschrauben werden am einfachsten so gestellt, daß der Reiter von 48 Dyn 3 cm Ausschlag ergibt, so daß also 1 cm Ausschlag durch 16 Dyn hervorgerufen wird.

Die zweite Nadel gab 1 cm Ausschlag beim Polabstand 6,5 cm, ihre Stärke  $x$  in magnetischen Einheiten (in M.E.) ergibt sich also aus

$$\frac{x^2}{6,5^2} = 16,$$

also  $x = 26$  M.E.

Ein großer, 20 cm langer, runder Stabmagnet, mit 1,3 cm Durchmesser, der mit Schlitten stets senkrecht zur Skala bewegt wurde, gab 1 cm Ausschlag beim Polabstand 20,4 cm, also ist seine Stärke  $x$  aus

$$\frac{x \cdot 26}{20,4^2} = 16 \quad x = 256 \text{ M.E.}$$

Ein 17 cm langer, 1,5 cm breiter, 0,3 cm dicker Magnetstab gab 1 cm Ausschlag beim Polabstand 16 cm, so daß seine Stärke 158 M.E.

Bei den obigen Versuchen waren also im Punkt  $S$  des Feldes der Stabmagnete die Feldstärken

$$\frac{16}{26} = 0,61 \text{ Dyn.}$$

In einem beliebigen Punkt  $P$  im magnetischen Feld findet man die Feldstärke, indem man den Pol  $S$  des Pendels nach  $P$  bringt.

Der Ausschlag mit  $\frac{16}{26}$  multipliziert gibt die Komponente der Feldstärke in der Richtung der Skala.

3. *Demonstration des Coulombschen Gesetzes, absolute Messungen für Vorlesungsversuche.* Zur Demonstration des Coulombschen Gesetzes wird der obige flache Stabmagnet verwendet und, aus weiter unten angegebenen Gründen, die Empfindlichkeit der Wage auf etwa die Hälfte herabgesetzt.

Um ganze Zahlen zu erhalten, bringt man den flachen Stabmagnet 1 cm rechts vom Nullpunkt und dreht die Schrauben so, daß der Ausschlag 4 cm beträgt, wobei man die Polnadel mit der Hand auf 4 cm hält. Eine Berührung des beweglichen Teiles der Wage ist durchaus zulässig, da die absoluten Messungen durch die vorausgehende Messung mit dem Reiter immer wieder ihre Richtigkeit erlangen. Ist die Wage so reguliert, so läßt sie sich jederzeit zur Demonstration des Coulombschen Gesetzes verwenden. Beim Polabstand 10 cm erhält man nämlich mit dem flachen Magnet 1 cm Ausschlag, beim Polabstand 5 cm dagegen 4 cm Ausschlag, also den vierfachen Betrag.

Damit die Nadel schnell zur Ruhe kommt, bewege man den flachen Magnet mittels des Schlittens langsam aus etwa 20 cm Polabstand bis 10 cm und dann wieder langsam auf 5 cm Polabstand.

Die vorstehende Empfindlichkeit genügt auch in Vorlesungsversuchen für absolute Messungen. Ist z. B. jetzt der Ausschlag des Reiters 1,2 cm, so entspricht 1 cm Ausschlag

$$\frac{48}{1,2} = 40 \text{ Dyn.}$$

Gibt die zweite gleichstarke Nadel 1 cm Ausschlag beim Polabstand 4,1 cm, so folgt ihre Stärke  $x$  aus

$$\frac{x^2}{4,1^2} = 40,$$

also  $x = 26 \text{ M.E.}$

Ein Pol, der dann 1 cm Ausschlag z. B. beim Polabstand 10 cm ergibt, hat die Stärke 158 M.E.

Hat man die Polstärke der Pendelnadel und der gleichstarken zweiten Nadel wie oben ermittelt, so bringt man zum Zwecke der Bestimmung der horizontalen Feldstärke  $H$  des Erdmagnetismus den Südpol der letzteren Nadel in eine solche Entfernung  $x$ , östlich vom Drehpunkt einer kleinen Kompaßnadel (Fig. 2), daß die Nadel um  $45^\circ$  abgelenkt wird, wobei man passend den 2. Pol senkrecht über den Drehpunkt der Kompaßnadel hält, es ist dann

$$H = \frac{\text{Polstärke}}{x^2}$$

z. B. für 26 M.E. Polstärke und  $x = 11,4 \text{ cm}$   $H = 1/5$ . Stellt man aber die Nadel vertikal auf, so benutzt man die am Schluß mitgeteilte Tabelle, entnimmt man dieser für die Entfernung  $x$  den Zahlenwert von  $\frac{K}{mm_1}$  und multipliziert man ihn mit der Polstärke  $m_1 = 26$ , so ergibt sich  $H$ .

4. *Einfluß der magnetischen Induktion.* Bei den bisherigen Messungen handelte es sich um die Messung der Abstoßung gleichnamiger Pole  $S$  und  $S_1$ . Da die Induktion die Abstoßung gleichnamiger Pole verkleinert, die Anziehung ungleichnamiger Pole aber vergrößert, so läßt sich der Einfluß der Induktion durch Doppelmessungen rechnerisch ausgleichen. Die Messung der Anziehung ungleichnamiger Pole, wenn also  $S$  und  $N_1$  sich gegenüberstehen, führt in theoretischer wie experimenteller Beziehung zu ganz merkwürdigen Resultaten, welche neu sein dürften, und die auch eine Erklärung dafür abgeben, daß die Demonstrationen Coulombs mit der Drehwaage sowohl bei magnetischen als auch elektrischen Ladungen nur mit abstoßenden Ladungen ausgeführt werden können.

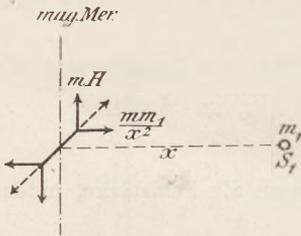


Fig. 2.

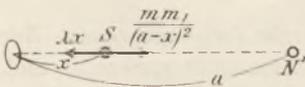


Fig. 3.

Ist (Fig. 3)  $OS = x$  der Pendelausschlag,  $ON' = a$  die Entfernung des Pols  $N'$  vom Nullpunkt der Skala und  $\lambda$  der Dynenwert von 1 cm Ausschlag, so ist für das Gleichgewicht des Pendels:

$$\lambda \cdot x = \frac{mm_1}{(a-x)^2},$$

wo  $mm_1$  das Produkt der Stärken der Pole  $S$  und  $N'$  und  $x$  nicht größer als  $a$  sein kann. Diese Gleichung 3. Grades<sup>1)</sup> hat stets eine reelle Wurzel  $> a$ , welche also unbrauchbar ist. Die beiden andern Wurzeln sind reell und gleich, wenn

<sup>1)</sup> Die Diskussion der Gleichung erfolgt am einfachsten durch Untersuchung der Schnittpunkte der Geraden  $a - x = y$  mit

$$xy^2 = \frac{mm_1}{\lambda}.$$

$$a = \frac{3}{2} \sqrt[3]{\frac{2mm_1}{\lambda}},$$

und der zugehörige Wert von  $x$  ist  $x = a/3$ . Nennen wir

$$OK = \frac{3}{2} \sqrt[3]{\frac{2mm_1}{\lambda}}$$

die kritische Strecke der Skala, so ergibt sich:

a) Liegt Pol  $N'$  auf der kritischen Strecke, so existieren keine Gleichgewichtslagen für das Pendel, das Pendel springt dann einfach auf den Pol  $N'$  zu und berührt denselben.

b) Liegt Pol  $N'$  auf dem Ende  $K$  der kritischen Strecke, so ist der Ausschlag des Pendels  $\frac{1}{3}$  der kritischen Strecke, aber eine kleine Verrückung des Pols  $N'$  gegen 0 zu bewirkt sofort einen Sprung des Pendels um  $\frac{2}{3}OK$  und Berührung der Pole.

c) Liegt Pol  $N'$  außerhalb der kritischen Strecke, so existieren 2 Gleichgewichtslagen des Pendels; für die erstere — stabile Gleichgewichtslage — ist der Ausschlag  $< \frac{1}{3}OK$ , für die zweite — labile Gleichgewichtslage — ist der Ausschlag  $> \frac{1}{3}OK$ .

Die letzte Lage ist dadurch charakterisiert, daß die kleinste Bewegung des Pols  $S$  aus der Gleichgewichtslage heraus, gegen den Pol  $N'$  zu, keine Kraft ergibt, welche  $S$  in seine frühere Lage zurückführt; es findet dann ein Sprung der Nadel  $S$  bis zur Berührung mit  $N_1$  statt. Die Kraftzunahme in der Entfernung  $dx$  von dieser Gleichgewichtslage ist nämlich positiv, und zwar

$$dx \left( \lambda + \frac{2mm_1}{(a-x)^3} \right), \text{ wo } \lambda x = \frac{mm_1}{(a-x)^2}.$$

Dieses Verhalten des Pols  $S$  läßt sich sehr schön experimentell bestätigen, man umgibt dann zur Vermeidung der Berührung den Pol  $N_1$  mit einem Stück Holz und sorgt durch Höherstellen von  $N_1S_1$  dafür, daß  $N'S$  horizontal wird. Für den flachen Stabmagnet ist die kritische Strecke

$$\frac{3}{2} \sqrt[3]{\frac{2 \cdot 26 \cdot 158}{16}} = 12 \text{ cm.}$$

Aus dem Gesagten ist ersichtlich, daß sich Messungen mit ungleichen Polen nur für einen Polabstand  $> \frac{2}{3}$  der kritischen Strecke ausführen lassen und daß auch dann noch die vorhandene labile Gleichgewichtslage durch langsames Annähern umgangen werden muß. Die Nadel soll nie in große Schwingungen kommen.

Da sich indessen zeigen läßt, daß die Induktion bei magnetisch gesättigtem Eisen, auch bei kleinen Entfernungen der Pole, gering sein muß, so können die Messungen mit entgegengesetzten Polen auch ganz unterbleiben. Es widerspricht nämlich dem Begriff der Sättigung, daß noch weiterer gleichnamiger Magnetismus durch Induktion hervorgerufen werden kann; außerdem folgt aus den Kurven, welche die Beziehung zwischen Feldstärke und induziertem Magnetismus darstellen, daß schon in der Nähe der Sättigung sogar ganz beträchtliche Änderungen in der Feldstärke erforderlich sind, um auch nur ganz kleine Änderungen in der Polstärke hervorrufen zu können; bei obigen Versuchen handelt es sich aber um Magnete, welche der Sättigung nahe sind, und um geringe Feldstärkeänderungen.

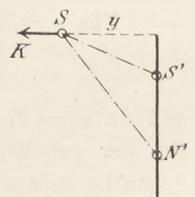


Fig. 4.

5. *Einfluss des zweiten Pols des genäherten Stabmagnets.* Gehen wir wieder zurück auf die Messung der Abstoßung der Pole  $S$  und  $S'$ . Der auf  $S$  anziehend wirkende Pol  $N'$  ist bisher ignoriert worden; da aber sein Einfluß mit zunehmender Entfernung  $SS'$  beträchtlich wird, und dies schon bei dem großen runden, 20 cm langen Stabmagnet merklich zutage tritt, so haben wir für eine Stablänge von 20 cm folgende Fehlerberechnungen aufgestellt (Fig. 4).

Die auf  $S$  längs der Skala wirkende Kraft sei  $K$ , der auf der Skala gemessene Polabstand sei  $y$  cm (Fig. 4). Nun ist mit Zugrundelegung des Koeffizienten  $0,85^1$  der Polabstand bei der Länge 20 cm  $N'S' = 0,85 \cdot 20 = 17$  cm.

$$K = \frac{mm_1 y}{(y^2 + 1,5^2)^{3/2}} - \frac{mm_1 y}{(y^2 + 18,5^2)^{3/2}}$$

oder

$$\frac{K}{mm_1} = y \left\{ (y^2 + 1,5^2)^{-3/2} - (y^2 + 18,5^2)^{-3/2} \right\}$$

Dies gibt für  $y = 0$  bis  $y = 15$

$y$	0	4	5	6	6,5	7	8
$\frac{K}{mm_1}$	$\infty$	$5072 \cdot 10^{-5}$	$3444 \cdot 10^{-5}$	$2455 \cdot 10^{-5}$	$2181 \cdot 10^{-5}$	$1818 \cdot 10^{-5}$	$1386 \cdot 10^{-5}$
$y$	9	10	11	12	13	14	15
$\frac{K}{mm_1}$	$1082 \cdot 10^{-5}$	$860 \cdot 10^{-5}$	$722 \cdot 10^{-5}$	$567 \cdot 10^{-5}$	$468 \cdot 10^{-5}$	$389 \cdot 10^{-5}$	$327 \cdot 10^{-5}$

Hieraus ersieht man, daß z. B. die Abstoßung der Pole  $S$  und  $S_1$  in der Polentfernung 15 cm um  $\frac{1}{4}$  verringert wird durch die Anwesenheit des anziehenden Poles  $N_1$ .

Die Verwendung der Tabelle bei absoluten Messungen möge aus den 2 folgenden Beispielen hervorgehen.

a) Stärke des Polpendels. Beim Polabstand 6,5 cm war nach früherem der Ausschlag 1 cm = 16 Dyn. also  $K = 16$ , und da für  $y = 6,5$  aus der Tabelle

$$\frac{K}{mm_1} = 2181 \cdot 10^{-5},$$

so ist

$$mm_1 = \frac{16 \cdot 10^5}{2181},$$

die Pole sind aber gleich stark, also

$$m = \sqrt{\frac{16 \cdot 10^5}{2181}} = 27 \text{ M.E.}, \text{ statt der früheren } 26.$$

b) Ein Pol gebe mit dem Polpendel von 27 M.E. Polstärke in 10 cm Polabstand einen Ausschlag von 3 cm = 48 Dyn, wie groß ist seine Stärke?

Mit Vernachlässigung der Wirkung des abgewandten Pols erhält man

$$\frac{x \cdot 27}{102} = 48, \text{ also } x = 178 \text{ M.E.}$$

Für  $y = 10$  gibt die Tabelle

$$\frac{K}{mm_1} = 860 \cdot 10^{-5},$$

und da  $m = 27$ ,  $K = 48$ , so ist  $m_1 = 207$  mit Berücksichtigung des abgewandten Pols. Hat der genäherte Magnetstab nicht die Länge 20 cm, sondern  $l$  cm, so findet man seine Polstärke  $m_1$  aus

$$\frac{K}{mm_1} = y \left\{ (y^2 + 0,75^2 l^2)^{-3/2} + (y^2 + 0,925^2 l^2)^{-3/2} \right\},$$

wo  $K$  der Dynenwert des Ausschlages,  $m$  die Stärke der Polnadel und  $y$  der Polabstand auf der Skala ist.

Der Einfluß des zweiten Pols bringt es mit sich, daß gemäß der Tabelle sich die Pendelausschläge wie 4:1 verhalten in den Entfernungen 4 und 8,4; 5 und 10; 6 und 11,7;

<sup>1)</sup> Bei Püning (X, S. 288) 0,8579; bei Kleiber (XI, S. 63) 0,83.

7 und 13,2; 8 und 14,7 cm, was, sobald die Polabstände größer werden, bei Demonstration des Coulombschen Gesetzes wohl zu berücksichtigen ist. Um nicht scheinbar — aber nur scheinbar — dem Gesetz widersprechende Versuche vorzuführen, wird man bei Vorlesungen die Polabstände 4,5—12 cm bevorzugen; der flache, 0,3 cm dicke Stabmagnet und die kräftige Skala eignen sich dann vorzüglich zur Demonstration.

Um die durch Rechnung gefundenen Ergebnisse zu prüfen, gibt man z. B. der Wage eine solche Empfindlichkeit, daß ein Magnet 4 cm Ausschlag aufweist beim Polabstand 7 cm; beim Polabstand 13,2 cm (nicht 14 cm) gibt er dann bei stark magnetischer Sättigung 1 cm Ausschlag; die Übereinstimmung der Berechnungen auf Grund der Polwirkungen mit den tatsächlichen Messungen an der Wage rechtfertigt die Messungen auch bei kleinen Polabständen bis herab zu 5 cm.

Zum Schlusse führe ich noch an, wie die Bestimmung des Südpols der Polnadeln nach einem Verfahren von PÜNING erfolgt. Von der Nadelsorte werden 5 Stück durch Streichen magnetisch gesättigt. In der Nähe einer Kompaßnadel werden 2 Gerade  $OA$  und  $l$  unter  $45^\circ$  gezogen (Fig. 5),  $OA$  gleich der Nadellänge; nun fällt man in kleinen

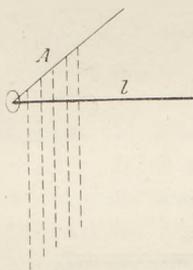


Fig. 5.

Abständen Lote von  $OA$  auf  $l$ , diese werden gleich  $l$  gemacht. Man bringt eine der Nadeln in die Lage  $OA$  und erhält einen gewissen Kompaßausschlag, bringt man sie hierauf in die Lage der Lote, so ist es möglich, ein Lot herauszufinden, bei dem der frühere Kompaßausschlag eintritt. Der Schnittpunkt des Lotes mit  $l$  ist der Pol. Zur Beseitigung des Einflusses des zweiten Pols der Nadel werden an diese so viele von den andern Nadeln angefügt (mit entgegengesetzten Polen ca. 3 cm aufeinander), bis die Zulage einer weiteren Nadel keinen Einfluß

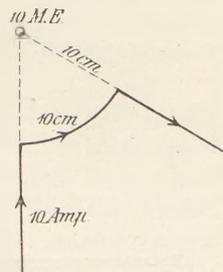


Fig. 6.

auf den Ausschlag mehr hat.

Auch die Messung der Stromstärke kann mit dem Apparat ausgeführt werden, besonders anschaulich aber läßt sich mit dem Apparat das Ampere machen.

Zu diesem Zweck nimmt man einen geradlinigen Kupferdraht, biegt den mittleren Teil zu einem Kreisbogen  $AB = 10$  cm Länge aus, so daß der Bogenradius ebenfalls 10 cm beträgt (der Zentriwinkel  $57^\circ$ ), und so daß die zwei geradlinigen Teile des Drahts die Verlängerungen der Radien sind (Fig. 6). Der Draht wird derart parallel verschoben, daß seine Ebene senkrecht zur Skala und der Kreismittelpunkt auf der Skala sich befindet. Hat ein Polpendel die Polstärke 10 M.E. und ist 1 Skalenteil 1 Dyne, so wird beim Durchleiten von 10 Ampere durch den Draht ein Ausschlag von 1 Skalenteil erhalten, sobald beim Parallelverschieben der Kreismittelpunkt mit dem Pol des Pendels zusammenfällt, denn 10 Ampere stoßen, bei 10 cm Bogenlänge und 10 cm Radius, 10 M.E. im Mittelpunkt mit 1 Dyne ab<sup>1)</sup>.

## Ein Galvanometer zur Bestimmung von Widerständen nach der Substitutionsmethode.

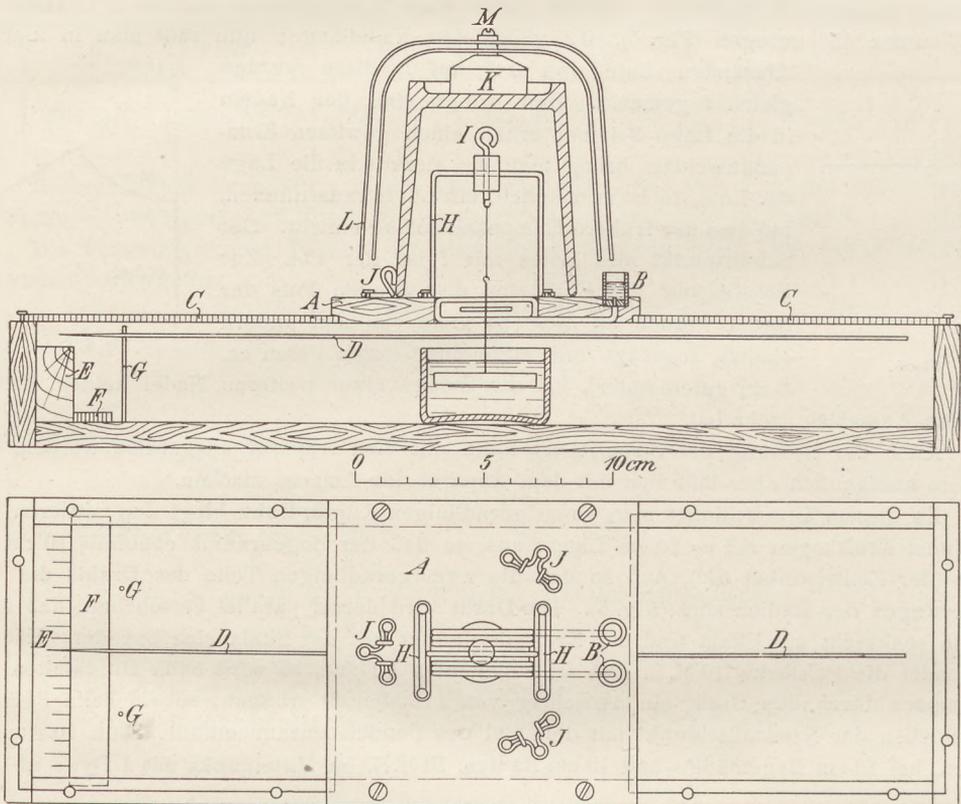
Von

Arthur W. Gray (University of California).

Soll ein Galvanometer sich zur Bestimmung von Widerständen nach der Substitutionsmethode eignen, so muß es für kleine Änderungen der Stromstärke empfindlich sein. Sein eigener Widerstand muß im Vergleich zu dem zu messenden klein sein und die Spule die

<sup>1)</sup> Die magnetische Zeigerwage (D. R. M. G. 252246) für absolute und relative Messungen, mit Schlittenvorrichtung, Stabmagneten, Reiter und mit Reguliervorrichtungen zu jeder beliebigen Empfindlichkeit ist zu beziehen zum Preise von M 45,— durch Meiser & Mertig, physikalisch-technische Werkstätten, Dresden-N., Kurfürstenstraße 27.

Nadel dicht umgeben, so daß sie ein genügend starkes Ablenkungsfeld liefert. Das Richtfeld muß schwach und die Aufhängung der Nadel empfindlich sein. Die Tangentenbussolen und auch die feinempfindlichen Galvanometer, die man gewöhnlich in den Laboratorien der höheren Schulen findet, sind nicht zweckentsprechend. Von einem halben Dutzend solcher Instrumente, die der Verfasser vor ungefähr fünf Jahren in einer *High School*, als er dort zu unterrichten begann, vorfand, mußte er bei dem besten den Widerstand, der mit ihm und einem Daniell-Element in Reihe geschaltet war, um etwa 10% ändern, um eine kaum merkliche Änderung in der Ablenkung zu bewirken; und als er gelegentlich eine Anzahl Physiklehrer in den östlichen Staaten der Union nach ihren Erfahrungen fragte, fand er nicht einen einzigen, der mit Sicherheit nach der Substitutionsmethode ein paar Ohm genauer als 20 oder 30% messen konnte. Und doch erwartet man oft von experimentierenden Schülern, daß sie mit solchen Apparaten die Gesetze über die Änderung des Widerstandes mit den Ausdehnungen eines Drahtes entdecken oder prüfen.



Um die Sache zu bessern wurde das Galvanometer geschaffen, das in der Figur abgebildet ist<sup>1)</sup>. Sein magnetisches Richtfeld ist regulierbar, so daß man die Empfindlichkeit ganz den Bedürfnissen des gerade vorliegenden Falles anpassen kann. Es ist ganz leicht, eine solche Empfindlichkeit herzustellen, daß, wenn ein Widerstand von 1 bis 10 Ohm mit dem Galvanometer und einem Daniell-Element in Reihe geschaltet wird, die Ablenkung eines 14 cm langen Zeigers sich bei einer Änderung des Widerstandes um 0,1% bis  $\frac{1}{40}$ % um 0,1 mm ändert. Der Abfall des durch das Element gelieferten Stromes ist in wenigen Sekunden wahrnehmbar. Bei Verwendung eines längeren Zeigers oder eines Spiegels könnten selbst geringere Änderungen gemessen werden. Dieses Galvanometer ist auch leicht und mit geringen Kosten herzustellen.

<sup>1)</sup> In der Zeichnung ist das Trinkglas, welches die Richtmagnete trägt, entfernt, um die Spule und die Aufhängung sichtbar zu machen.

Die Spule, die einen rechteckigen Querschnitt hat, besteht aus sechs Windungen gewöhnlichen isolierten Kupferdrahtes von etwa 1 mm Durchmesser und ist mit Siegellack in einem rechteckigen Ausschnitt in der Mitte des kleinen Brettes *A* befestigt; die Enden führen zu den Quecksilbernapfen *B*. Um für die Aufhängung des Magnetes Raum zu schaffen, wurde die eine Hälfte der Windungen von der anderen ein wenig abgerückt. *A* ist quer auf den Deckel einer flachen, rechteckigen Holzschachtel geschraubt, deren Enden mit Stückchen von Fensterglas *C* bedeckt sind.

Der Magnet ist ein Stäbchen aus hartem Stahl. Darum ist eine einzige Windung eines feinen Messingdrahtes gewickelt und aufgelötet. Er bildet oben einen Haken zur Befestigung der Aufhängungsfasern (3 bis 4 Fasern von ungesponnener Seide) und trägt unten einen kleinen, in Petroleum getauchten Dämpfer. Die lange, dünne Glaskapillare *D*, welche den Zeiger bildet, ist mit Wachs in einer Schleife ähnlich wie der Magnet befestigt. Das eine Ende wird zu einer sehr feinen Spitze ausgezogen und in Tusche getaucht, so daß diese 2 bis 3 mm aufsteigt. Der starke Gegensatz zwischen dieser scharfen schwarzen Spitze und dem weißen Untergrund der Skala *E* (die ein Stück eines Maßstabes oder ein Streifen Millimeterpapier sein kann) ermöglicht eine bequeme Abschätzung der Zehntel der Einteilung. Die Parallaxe wird durch die Benutzung des Spiegels *F* vermieden. Zwei Messingnadeln *G* begrenzen die Beweglichkeit des Zeigers.

Das aus einem Stück Messingdraht gebogene Gestell *H* ist mit 4 Kupfernägeln an der Oberseite von *A* befestigt. Mit leichter Reibung gleitet längs des wagerechten Stückes von *H* ein Kork, durch dessen zweite Durchbohrung der Draht *J* führt. Das untere Ende von *J* läuft in einen kleinen Haken aus zur Befestigung der Fasern, welche den Magneten tragen. Diese Art der Aufhängung gestattet eine freie Bewegung nach drei aufeinander senkrecht stehenden Richtungen, wie auch eine Drehung um eine lotrechte Achse, so daß man den Magnet zentrieren und den Fasern jede beliebige Drehung erteilen kann. Vermindert man durch ein wenig Talg die Reibung der Drähte in dem Korke, so kann man die Justierung mit großer Feinheit ausführen.

Das ganze Aufhängungssystem ist mit einem gewöhnlichen Trinkglas bedeckt, das von drei Drahtfedern *J* festgehalten wird, so daß man es in seiner Stellung mit leichter Reibung um eine senkrechte Achse drehen und bequem entfernen kann. Auf den Boden ist ein Holzklötz *K* gekittet, der die Richtmagnete *L* trägt. Diese sind aus alten Uhrfedern von ungefähr 1 cm Breite gemacht, in der Mitte enthärtet, so daß man Löcher ausschlagen oder einbohren kann, durch welche die Schraube *M* läuft, die sie an *K* befestigt. Zwischenlagen aus Messing und Kupfer verhindern die gegenseitige Berührung und erleichtern die Drehung um *M* als Achse.

Beim Zusammensetzen der Teile des Galvanometers muß man das Petroleumgefäß füllen und den Glaszeiger quer über seinen Rand legen, bevor man das Brett *A* anschraubt. Damit der Zeiger, wenn er frei schwingt, wagerecht liegt, muß man den Arm, der nicht über die Skala kommt, zu lang machen und dann allmählich, durch Abbrechen des Endes, verkürzen, bis er eben noch ein klein wenig schwerer als der zugespitzte Arm bleibt. Die endgültige Justierung führt man erst nach der Zusammensetzung des Galvanometers aus. Man schmelzt das schwerere Ende in einer winzigen Gasflamme, bis das gewünschte Gleichgewicht durch die Verkürzung infolge der Oberflächenspannung des geschmolzenen Glases hergestellt ist. Benutzt man einen Spiegel statt des Zeigers, so kann man die wagerechten Ausdehnungen auf die von *A* verkürzen. Man muß dann ein mit einem Deckglase verschlossenes Fenster an einer Seite des Gehäuses anbringen. Muß das Galvanometer bewegt werden, so ist das Aufhängungssystem herabzulassen, bis der Zeiger auf dem Petroleumgefäß aufliegt.

Gebrauchsanweisung. Man schalte das Galvanometer mit dem unbekanntem Widerstande und einem Daniell- oder anderen Element von konstanter E.M.K. und geringem Widerstande in Reihe. Die Ablenkung wird wahrscheinlich den Zeiger gegen eine der Sperrungen *G* führen. Man drehe die Richtmagnete, bis ihre gleichnamigen Pole so nahe liegen, daß sie

ein starkes Feld erzeugen und drehe das Trinkglas, bis die Richtung des Feldes so ist, daß der Zeiger ungefähr bis zur Mitte der Skala geführt wird. Man trenne dann allmählich die gleichnamigen Pole der Magnete, bis das Feld gerade stark genug ist, den Zeiger in dieser Lage zu halten. Sobald die Nadel still steht, lese man ihre Stellung bis auf ein Zehntel der Teilung ab, ersetze dann, ohne die Regulierung des Galvanometers zu stören, den unbekanntem Widerstand durch einen Widerstandskasten<sup>1)</sup>, der bis auf Zehntel Ohm geteilt ist, und lese die Ablenkungen ab, die von zwei Widerständen erzeugt werden, die um ein Zehntel Ohm voneinander abweichen, und zwischen denen der unbekanntem Widerstand liegt. Die Hundertstel eines Ohm kann man nun durch Interpolation finden. Wird keine große Empfindlichkeit verlangt, so kann man dadurch Zeit ersparen, daß man das Richtfeld nicht so stark schwächt.

## Messende Versuche mit Luftballons.

Von

Prof. H. Rebenstorff in Dresden.

Mit Luftballons zeigte man den Schülern bisher wohl nur qualitativ die Leichtigkeit von Wasserstoff oder Leuchtgas. In der zu beschreibenden Weise kann man jedoch leicht messende Versuche mit hinreichender Genauigkeit anstellen und dadurch den Unterricht um gern gesehene Erscheinungen bereichern.

Kollodiumballons sind zwar genau kugelförmig herstellbar (vergl. ds. Zeitschr. XVII 15 und die dort zitierte Arbeit), so daß das Volumen gut bestimmbar ist; beim Zubinden wird aber das etwas spröde Material leicht verdorben. Gummiballons von besserer als der Jahrmärktsqualität sind nicht leicht zu beschaffen. Die Firma Max Kohl in Chemnitz versendet indessen geeignete Ballons nebst dem Zubehör für die Meßversuche.

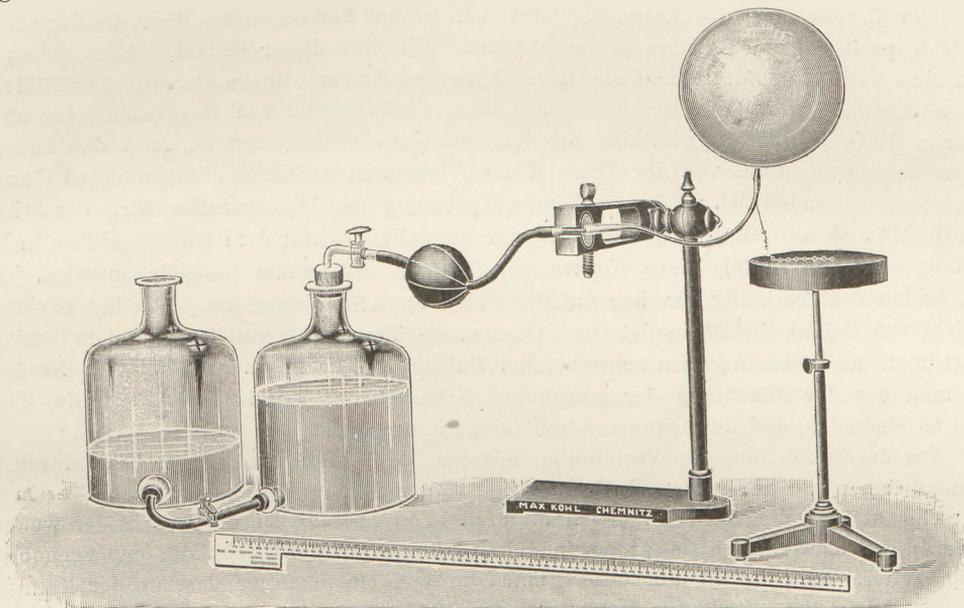
Die Füllung mit Wasserstoff kann erstens unmittelbar aus einer Entwicklungsflasche erfolgen, in deren Stopfen nur ein Ausströmungsrohr sitzt, auf das der Ballonhals gestreift wurde. Daß zur Füllung ziemlich trockenes Gas erforderlich sei, ist ein Irrtum. Man wähle die gerade emporführende Röhre nicht zu eng (8 mm) und zu kurz (20 cm); dann verdichtet sich in ihrem unteren Teile der Wasserdampf aus der warm werdenden Flasche hinlänglich, und die Röhre bleibt oben ganz kalt. Die Säure muß ja ohnehin zur Vermeidung der Bildung von Schwefelwasserstoff außerhalb der Entwicklungsflasche verdünnt werden. Man gießt einen reichlichen Überschuß der lauwarmen Säure auf das Zink, setzt den Stopfen zunächst lose und nach einiger Zeit fest auf. Strömen dann vielleicht 3 l Gas, die noch 25° warm sein mögen, in den Ballon, so kondensieren sich selbst bei 10° Außenwärme nur 41,1 mg Wasser auf der Ballonhaut, wovon man nur bei sehr genauen Auftriebsmessungen etwas merken könnte. Beim Aufbewahren des Ballons verschwindet etwas Feuchtigkeit schnell aus dem Gummi.

Dieses Füllungsverfahren hat vielmehr nur den Nachteil, eine reichliche Zeit in Anspruch zu nehmen, während der die Aufmerksamkeit der Schüler nicht leicht unterrichtlich verwendbar bleibt. Viel schneller arbeitet es sich mit fertigem Wasserstoff in einem beliebigen Gasometer; beim chemischen Unterricht hat man dieses Gas so reichlich überschüssig, daß es nur der Aufspeicherung bedarf, um dann für die Luftballonversuche vorbereitet zu sein. Das Einpressen in den Ballon kann — etwas umständlich — mit einer Stiefelluftpumpe erfolgen. Den Betrag der durch einen Kolbenhub bewegten Gasmenge stellt man zuvor durch Eintreiben in eine Mariottesche Flasche oder in einen Gasmeßzylinder fest (vergl. ds. Zeitschr. XVIII 277); die Zahl wird zweckmäßig an der Luftpumpe angebracht. Mittels eines T-Rohres und auf den Schläuchen abwechselnd zu gebrauchender Quetschhähne überführt man in wohl ohne weiteres verständlicher Weise ein bekanntes Wasserstoffvolumen

<sup>1)</sup> Einen sehr bequemen und leicht zu bauenden Widerstandskasten, der beim Gebrauch nicht beschädigt werden kann, hat der Verfasser in der School Science 5, 188; 1905 beschrieben.

in den Ballon. Auch das hübsche Glasventil von A. Sacko (*Jahrb. f. Naturw.* XV 99; 1899/1900), das Reinh. Burger in Berlin N. (Chaussestr. 2) für 6 M liefert, kann hierbei gute Verwendung finden.

Einfacher ist die Benutzung eines Gummigebläses, das mit seinen beiden Schläuchen zwischen Gasometer und Ballon angebracht wird und das aus jenem angesaugte Gas in die Gummihülle hineintreibt. Dem Zubehör für die Ballonversuche gehört ferner ein Umfangmaß an, mit dem das Volumen des kugeligen Ballons bestimmt wird. Es besteht aus einem langen Kartonstreifen mit mm-Teilung, dessen Endteil in den beim Nullpunkt befindlichen Einschnitt gelegt wird. Der so entstehende Kreis wird um den Ballon gehalten und bis zum Anschluß an einen größten Kreis desselben genügend zusammengezogen. Während die mm-Teilung für den allgemeineren Gebrauch des Umfangmaßes an runden Körpern aller Art bestimmt ist, kann man auf der anderen Seite des Papierstreifens den Inhalt einer gemessenen Kugel direkt in Dezilitern ablesen.



Auch für den Abschluß der Ballons wurde ein besseres Verfahren bequem gefunden an Stelle des straffen Zuschnürens, das die dünne Gummihaut beschädigt. Man drückt den Halsteil des genügend aufgeblähten Ballons oberhalb der Gasausströmungsröhre (s. Figur) mit den Fingern zu, streift mit der anderen Hand den Ballon von der Röhre ab und schiebt ein etwas benetztes (beigegebenes) Glasstöpselchen in den Ballonhals hinein. Am anderen Ende des leichten Verschlusskörperchens befindet sich ein Häkchen für den Faden. Man könnte nun mit Hilfe einer kleinen Papiergondel und Gewichtsstückchen die Größe des Auftriebes ermitteln. Indessen macht der nie fehlende Luftzug dieses Ausprobieren beschwerlich. Ist anstatt dessen am Haltefaden des Ballons ein Stück einer leichten Kette befestigt, so stellt sich das Gleichgewicht sofort von selbst her, und man hat nur nötig, die Länge des angehobenen Kettenstückes zu messen und daraus den Auftrieb zu berechnen. Dies wird dadurch sehr einfach, daß 25 Doppelglieder der beigegebenen Kette etwa  $12\frac{1}{2}$  cm lang sind und sehr nahe 1 g wiegen. Die Anzahl der angehobenen Glieder ergibt also durch Multiplikation mit 0,04 oder die Länge des getragenen Kettenstückes in cm durch Multiplikation mit 0,08 in Gramm die Steigkraft des Ballons. Man vergleicht alsdann diese Zahl mit der aus Ballongewicht und Auftrieb zu berechnenden.

Die Übereinstimmung ist auch dann eine ausreichende, wenn der Einfachheit wegen die Feuchtigkeit im Wasserstoff sowie in der umgebenden Luft und zweitens der etwa  $2\frac{1}{2}$  cm Quecksilbersäule betragende Überdruck im aufgeblähten Gummiballon außer acht bleibt.

Bequem ist es ferner, sich den um das Gewicht des leichteren Gases verminderten Auftrieb pro Liter zu berechnen. Für Wasserstoff beträgt derselbe bei 0°: 1,293—0,09 g, bei Zimmerwärme  $\frac{1}{15}$  weniger (vergl. die vereinfachte Reduktion der Gasvolumina ds. Zeitschr. XVIII 281), ausgerechnet und wegen der Vernachlässigungen nach unten abgerundet: 1,1 g. Den um das Gewicht des Wasserstoffes verminderten Auftrieb erhält man also durch die bequeme Multiplikation des gemessenen Ballonvolumens in Litern mit 1,1.

Als Beispiele für die Messungen an einem abgeschlossenen Ballon seien die folgenden angeführt: Ein 1,20 g schwerer Ballon mit 0,148 g schwerem Stöpselchen trug, zu etwa 2,17 l Volumen aufgebläht,  $25\frac{1}{2}$  Kettenglieder, d. h. etwa 1 g Belastung. Während also das Gewicht der getragenen festen Körper zusammen nahezu 2,37 g war, betrug der reduzierte Auftrieb 2,38 g. Nach einigem Stehen ging das Ballonvolumen auf 2,1 l, die Zahl der getragenen Kettenglieder auf 23 zurück; dem Gewicht von 2,27 g entspricht ein reduzierter Auftrieb von 2,31 g.

Der Verwendung des Kettchens wird man einige Bemerkungen über die Benutzung des Schleppseiles in der Ballonpraxis anschließen. Mit Hilfe dieser einfachen Meßvorrichtung kann man jedoch auch die allmähliche Zunahme des Auftriebes während der Füllung sehr anschaulich verfolgen lassen. Der Ballon wird hierfür auf das beiderseits offene gläserne Zwischenstück gestreift, an dem das Kettchen befestigt ist, und das andererseits mit einem ebenfalls von der Firma Kohl beigegebenen Stücke dünnwandigen Gummischlauches verbunden ist. Für die Hindurchpressung des Wasserstoffes wird der Dünnwandschlauch auf ein zugespitztes Glasrohr gestreift, das mit dem Gummigebläse in Verbindung steht und mittels eines Korkes von einer Stativklemme festgehalten wird. Der leere Ballon ruht vorläufig daneben auf der Platte eines Stelltischchens. Man hat zuvor das Gewicht von Ballon, Zwischenstück und Dünnwandschlauch festgestellt; von dem letzteren bringt man als Belastung des schwebenden Ballons die Hälfte in Anrechnung. Natürlich muß man vor der Abzählung der getragenen Kettenglieder jedesmal die Platte des Tischchens so einstellen, daß der Dünnwandschlauch wagerecht ist.

Vor der Herstellung der Verbindung mit dem Ballon füllt man das Gebläse durch Zusammendrücken mit dem Gase. In kurzer Zeit füllt man den Ballon so weit, daß er in der Luft schwebt und die Kette zu heben anfängt. Von jetzt ab ist die Anzahl der weiteren Entleerungen des Gebläseballes proportional der Zahl der von der Tischplatte emporgehobenen Kettenglieder. Beliebig oft konstatiert man die Übereinstimmung des an der Kette gemessenen Auftriebes mit dem berechneten.

Als Beispiel sei angeführt, daß der Ballon von 1,20 g mit Zwischenstück und der Hälfte des Dünnwandschlauches zusammen 1,64 g wog und beim Volumen von 1,8 l  $9\frac{1}{2}$  Kettenglieder aufhob. Dem Gesamtgewicht von 2,02 g entspricht der zu 1,98 g berechnete reduzierte Auftrieb. Bis auf 2,25 l aufgebläht, trug der doppelt gefesselte Ballon  $21\frac{1}{2}$  Kettenglieder. Dem Gesamtgewicht von 2,48 g entspricht der zu 2,475 g berechnete Auftrieb.

In der gleichen Weise wie mit Wasserstoff kann ein Gummiballon unter Benutzung des Gummigebläses mit Leuchtgas gefüllt werden. Der Zufuhrschlauch des Gebläses wird an die Gasleitung des Tisches angeschlossen. Ein guter Ballon trägt auch bei Leuchtgasfüllung das Verschußstöpselchen und eine Anzahl Kettenglieder sowie bei Demonstration der allmählichen Erhöhung der Steigkraft die etwas größere Belastung durch den Dünnwandschlauch.

Zur Berechnung des Auftriebes aus dem gemessenen Ballonvolumen muß der Wert des reduzierten Auftriebes pro Liter Leuchtgasfüllung bekannt sein. Man kann diesen Faktor aus den Angaben der Leuchtgasprüfung (auch der Dichte) berechnen, die wohl an vielen Orten monatlich in den Zeitungen enthalten sind. Sehr einfach bestimmt man den reduzierten Auftrieb pro Liter an der chemischen Wage mittels eines Meßkolbens, den man einmal mit Luft, einmal mit Leuchtgas gefüllt wiegt. Der eingeschlifene Stopfen ist dabei ganz wenig einzufetten. Mittels eines 250 ccm-Kolbens wurde z. B. gefunden, daß die darin durch den Stopfen abgeschlossenen 265 ccm Leuchtgas den Kolben um 0,185 g leichter

machten. Der reduzierte Auftrieb pro Liter ist demnach sehr nahe gleich 0,7 g; die Dichte des Leuchtgases beträgt etwa 0,42. Mit Leuchtgasfüllung trug ein im ganzen 1,64 g schwerer, am Dünnwandschlauch befindlicher Ballon von 2,4 l Inhalt  $2\frac{1}{2}$  Kettenglieder. Getragene Last 1,74 g, reduzierter Auftrieb 1,68 g. Bis zum Volumen von 3,05 l aufgebläht, trug der Ballon  $14\frac{1}{2}$  Kettenglieder. Getragene Last 2,22 g, reduzierter Auftrieb 2,135 g. Stets zeigte der mit Leuchtgas gefüllte Gummiballon eine etwas größere Tragkraft, als nach Wägungsversuchen für das Gas zu erwarten war. Diese eigenartige Erscheinung ist wohl eine Folge der in neuester Zeit von Grunmach<sup>1)</sup> untersuchten schnellen Diffusion der Kohlensäure, die zu etwa 3% im benutzten Leuchtgase enthalten ist. Auch andere schwere Beimengungen, die im Kautschuk stark löslich sind, dürften das gleiche Verhalten zeigen, und es hängt damit auch wohl der kräftige Gasgeruch des gefüllten Gummiballons zusammen. Bei meinen Versuchen betrug der reduzierte Auftrieb pro Liter Leuchtgasfüllung 0,73 g. Ich füge hinzu, daß es ein Irrtum ist, das bei quantitativen Bestimmungen längst berücksichtigte Verschwinden von Kohlensäure in Gummischläuchen auf bloße „Absorption“ zurückzuführen. Bläht man einen Gummiballon durch Kohlensäure auf, so verschwindet diese daraus in geraumer Zeit literweise, ohne daß der entleerte Ballon auf der Wage eine Gewichtszunahme aufweist. Die Kohlensäure diffundiert nur so schnell durch Kautschuk infolge ihrer bedeutenden Löslichkeit darin. Das gleiche scheint für viele Kolloide zu gelten (vergl. das Entweichen der Kohlensäure und des Sauerstoffes durch dichte Kollodiummembran, ein Analogon des Gasaustausches im Lungengewebe, in meiner *Abhandlung der naturw. Ges. Isis zu Dresden, 1904*). Über direkte Beobachtungen des Gasaustausches an der Froschlunge vergl. A. Loewy und N. Zuntz, *Arch. f. An. u. Phys., Physiolog. Abt., 1904, S. 166*.

Vor einem Klassenversuch mit einem bereits lange aufbewahrten Ballon ist zu empfehlen, die Probe zu machen, ob er, ohne zu zerreißen, bis auf das Volumen gebracht werden kann, das er bei Füllung mit Leuchtgas zum Steigen erhalten muß. Natürlich braucht man hierzu mittels des Gummigebläses nur soviel Luft hineinzutreiben, daß der Ballon das nach dem in Betracht kommenden Gewicht berechnete Volumen erhält.

Man lasse die Ballons nicht zwecklos lange in gefülltem Zustande, also besonders nach Schluß des Unterrichtes, einfach zurück. Kein Ballon verträgt die andauernde Spannung ohne feine Löcher zu erhalten; diese nehmen auf einer Seite der Gummihaut ihren Anfang und reißen langsam durch die Masse hindurch, so daß sie zeitweilig als Bläschen erscheinen. Auch einen vom Faden gelösten Ballon, der an der Decke schwebt, braucht man nicht seinem Schicksal zu überlassen. Man bringt ihn leicht herab mit einer Stange, an der oben ein Drahttring horizontal abstehend durch Umwinden der Drahtenden angebracht ist. Der Ringdurchmesser muß etwas geringer als die Breite des Ballons sein. Man treibt mit der Stange den Ballon in eine Zimmerecke und schiebt hier den Ringfänger darüber.

Nach beendigten Versuchen kann man an dem aus dem Ballon herausgelassenen reinen Wasserstoff einen Schüler dessen Geruchlosigkeit verspüren lassen. Für einen wiederholten Gebrauch, etwa in einer Parallelklasse, führt man, wie ohne weiteres ersichtlich ist, mittels des entgegengesetzt wie bei der Füllung zwischengeschalteten Gummigebläses den Wasserstoff wieder dem Gasometer zu. Ferner kann man mit dem Gasinhalt einen Brenner speisen, wobei u. a. die Schüler einmal anschaulich den Gasverbrauch ersehen. Um Einknickungen des mit dem Ballon verbundenen Dünnwandschlauches zu vermeiden, führt man die Rohrverbindung, die ein Schraubenquetschhahn verschließt, durch einen Stativring, der den darüber befindlichen Ballon hoch erhält. Vor der Entzündung des Wasserstoffes macht man natürlich eine Probe auf etwaige Explosivität. Wasserstoff aus einem Gummiballon ist ferner ein passendes Objekt für eine eudiometrische Bestimmung. Man fügt der Wasserstoffmenge im kalibrierten Rohr eine überschüssige Luftmenge hinzu und stellt die Kontraktion nach der Explosion, damit also die um  $\frac{1}{3}$  geringere Menge des reinen Wasserstoffes fest.

Schließlich sei noch eine Bemerkung über die Aufbewahrung der Gummigegegenstände gestattet. In den daraufhin besichtigten Katalogen der mechanischen Werkstätten fehlen

<sup>1)</sup> Verhandlungen der Ges. der deutschen Naturforscher und Ärzte, 1905, *Phys. Ztschr.* VI 795.

die so zweckmäßigen Blechkisten für die Gummiwaren (Frick-Lehmann, *Physikal. Techn.*, 7. Aufl., S. 280). Die schon erwähnte Firma versendet eine solche mit Luftbefeuchtungsflasche für die Konservierung des ganzen Vorrates an Schläuchen, Platten u. s. w. des physikalischen bzw. chemischen Bedarfes. Die offen bleibende Flasche enthält mit Salizylsäure versehene Watte und wird beim Gebrauche in langen Zwischenzeiten mit etwas Wasser beschickt. Bei sachgemäßer Aufbewahrung halten sich auch die dünnsten Gummigegegenstände wenigstens ein Jahr in brauchbarem Zustande. Der etwa in 2 Jahren erforderliche Ersatz an Ballons und Dünnwandschlauch kann von der angegebenen Firma im Kuvert bezogen werden.

Die Firma Max Kohl in Chemnitz liefert den Apparat nebst Zubehör (4 Gummiblasen, 1 Gummigebläse, 1 Glasrohr im Kork, 2 Glasstöpselchen, 2 Zwischenstücke, 2 Stück Kette und 1 Umfangmaß) für 9 M. Die übrigen erwähnten Gegenstände: 2 Glasflaschen (eine mit Gummistopfen und Absperrhahn und mit Verbindungsschlauch), 1 Tischchen und 1 große Blechkiste mit Befeuchtungsflasche kosten 28 M.

### Kleine Mitteilungen.

#### Zur Bestimmung des Verhältnisses der Wagearme.

Von Dr. D. van Gulik in Wageningen (Holland).

Um das Verhältnis der Wagearme zu bestimmen, wird von Kohlrausch u. a. eine Methode angegeben, die wesentlich darin besteht, daß man die Gewichtszulage  $l$  resp.  $r$  bestimmt, die den Zeiger wieder auf den Nullpunkt bringt nach Belastung mit zwei Gewichten von gleichem Nominalbetrage  $p$ , resp. nach ihrer Vertauschung. Das Balkenverhältnis erhält man dann aus:

$$\frac{R}{L} = 1 + \frac{l-r}{2p}.$$

Es leuchtet ein, daß man für die Anwendung dieser Formel nicht die beiden Einzelwerte  $l$  und  $r$ , sondern nur die Differenz  $l-r$  zu kennen braucht. Es muß also eine Vereinfachung der Methode möglich sein, die zwar nicht sehr bedeutend ist, aber dennoch bei einer Fundamentalbestimmung, um die es sich hier handelt, in Betracht kommen dürfte.

Die folgende Methode scheint mir bequem zum Ziel zu führen. Man bestimmt aus 3 oder 5 Umkehrpunkten:

1. den Nullpunkt; sagen wir 10,3<sup>1)</sup>.
2. die Einstellung nach Belastung mit zwei Gewichten von gleichem Nennwert (z. B. 50 g); sagen wir 13,1,
3. die Einstellung nach Vertauschung der Gewichte; sagen wir 8,7,
4. abermals den Nullpunkt; sagen wir 10,2.

Bei vollkommener Gleicharmigkeit würden die sub 2 und 3 bestimmten Einstellungen an beiden Seiten gleich weit vom Nullpunkt gefunden sein. Diefenfalls müßte die Summe der sub 2 und 3 bestimmten Zahlen gleich der Summe der sub 1 und 4 gefundenen Zahlen sein. Die Differenz  $21,8 - 20,5 = 1,3$  rührt also von der Ungleicharmigkeit her. Sagen wir weiter, daß ein Ausschlag von 1,3 Skalenteilen einer Gewichtszulage von 0,35 mg entspricht<sup>2)</sup>, so ist — weil die Belastung auf beiden Schalen zusammen 100 000 mg beträgt — das Balkenverhältnis:

$$\frac{R}{L} = \frac{100\,000 + 0,35}{100\,000}.$$

Falls die Summe der sub 1 und 4 gefundenen Zahlen größer ist als die Summe der sub 2 und 3 gefundenen Zahlen, ist  $\frac{L}{R}$  statt  $\frac{R}{L}$  zu schreiben.

<sup>1)</sup> Wir bezeichnen den ersten Teilstrich an die rechte Hand des Beobachters mit 0, den mittelsten Teilstrich mit 10.

<sup>2)</sup> Ist die Empfindlichkeit der Wage nicht bekannt, so muß noch die Änderung der Einstellung zufolge einer Zulage von 1 mg im sub 2 oder 3 genannten Falle beobachtet werden.

Der Betrag 0,35 mg ist nichts anderes als die Differenz  $l - r$  in obiger Formel. Die Richtigkeit der Methode ist wohl ohne weiteres klar. Ein direkter Beweis hat aber für die Schüler noch den Vorteil, daß hier von der Näherungsregel

$$\sqrt{\frac{1 + \Delta_1}{1 + \Delta_2}} = 1 + \frac{\Delta_1 - \Delta_2}{2}$$

kein Gebrauch gemacht wird.

Wenn der Balken im sub 2 genannten Falle um einen Winkel  $\alpha$  aus der dem Nullstande entsprechenden Ebene gedreht ist, und  $p_1$  und  $p_2$  die Gewichtsstücke sind vom Nominalwerte 50 g und  $M$  das vom Gewichte des Balkens herrührende Drehungsmoment, so ist nach dem Hebelgesetze:

$$L \cos \alpha \times p_1 + M = R \cos \alpha \times p_2.$$

Nach Vertauschung der Gewichte würde eine Zulage von 0,35 mg auf der linken Schale den Zeiger um einen gleichen Winkel  $\alpha$  nach der anderen Seite vom Nullpunkte führen. Es ist also:

$$L \cos \alpha \times (p_2 + 0,35 \text{ mg}) = R \cos \alpha \times p_1 + M.$$

Wenn man diese beiden Gleichungen addiert, erhält man:

$$\frac{R}{L} = \frac{p_1 + p_2 + 0,35 \text{ mg}}{p_1 + p_2}.$$

### Für die Praxis.

Zur Technik des Plateauschen Versuches. Von W. Biegon von Czudnochowski, Berlin. Die Ausführung des bekannten Versuches mit der in einer Wasser-Alkoholmischung umlaufenden Ölkugel zur Erläuterung der Abplattung der Planeten, der Entstehung des Saturnringes u. s. w. bereitet einige Schwierigkeiten, und ist das tadellose Gelingen bezüglich des Auftretens eines frei umlaufenden geschlossenen Ölringes nur schwer zu erzielen; entsteht ein solcher aber, so reißt er im selben Augenblick, meist sogar an mehreren Stellen, und es schnüren sich „Monde“ ab, die, oft in erheblicher Anzahl, durch die Flüssigkeit nach den Gefäßwänden fliegen. Außerdem ist die Erscheinung, wenn man nicht mit seitlich durchfallendem Lichte sie projiziert, einer größeren Zuhörerschaft sehr schlecht sichtbar zu machen.

Auf Grund der Überlegung, daß bessere Sichtbarkeit, dann aber auch die Möglichkeit, bei der Projektion Unschärfen, welche durch die Lichtbrechung in klarem Öl hervorgerufen werden, zu vermeiden, durch eine das Öl vollkommen undurchsichtig machende Färbung zu erreichen sei, und daß man ferner dem schnellen Zerreißen eines etwa entstehenden Ringes durch Verwendung einer wesentlich größere Zähigkeit besitzenden Masse vorbeugen könne, gelangte ich zu folgendem Verfahren. Statt Maschinen- oder Brennöles verwandte ich Vaselinöl; dieses wird sodann mit feinstem Holzkohlenpulver versetzt, indem man beides in einer Reibschale gut miteinander verreibt. Als ein ganz geeignetes Verhältnis hat sich ergeben 20 ccm Öl und 4 ccm Kohlenpulver (ein etwas größerer Zusatz von letzterem ist zulässig). Um nun eine größere Bündigkeit der Masse zu erreichen, wird der Öl-Kohlenmischung noch Vaselin zugesetzt, auf die genannte Menge bis zu 10 ccm. Man erhält dann beim sorgfältigen Durchreiben eine tief schwarze, vollkommen undurchsichtige und verhältnismäßig dünnflüssige Masse.

Von dieser Masse bringt man so viel, daß eine Kugel von etwa 1,5–1¾ cm Durchmesser entsteht, in bekannter Weise in den Plateauschen Apparat, dessen Achse sehr genau ausgerichtet sein muß und beim Umschlaufen nicht im mindesten merklich „schlagen“ darf; die Ölmasse wird, nachdem die genügende Menge eingebracht ist, mit Hilfe eines Drahtes möglichst gleichmäßig um die Achse verteilt. Um nun den Versuch anzustellen, dreht man etwa ¾ Umdrehung der Kurbel ganz langsam, so daß die Kugel sich abplattet, und dann ohne anzuhalten plötzlich sehr schnell; der Erfolg ist dann mit auffallender Regelmäßigkeit

ein stets vollkommen geschlossener Ring von etwa 4 cm größtem Durchmesser und sehr schöner Kreisform. Hört man im Augenblicke der Ringbildung mit Drehen auf, so zieht sich der Ring zunächst in sich zusammen, um sich dann wieder mit der Ölkugel zu vereinigen; man kann auf diese Weise den Versuch mit sicherem Gelingen mehrmals hintereinander in rascher Folge machen, wenn man nur dafür sorgt, daß der Ring nicht mit zu großer Geschwindigkeit abfliegt, was stets dann geschieht, wenn man zu langsam zur schnellen Drehung übergeht oder die langsame Drehung zu lange beibehält.

Zweckmäßig versieht man die Rückwand des Glasgefäßes innen mit einem rauhen weißen Überzuge, der durch von oben oder seitlich einfallendes Licht, das aber nach der Seite des Auditoriums zu vollkommen abgeblendet sein muß, hell beleuchtet wird, wobei aber darauf zu achten ist, daß der Öltropfen bzw. Ring selbst völlig im Schatten ist; geschieht das nicht, so treten auf der Ölmasse störende Reflexe auf und auf der Hinterwand, allerdings nur bei zu sehr von vorn kommender Beleuchtung, Schattenbilder. Will man die Erscheinung projizieren, so kommt dem die völlige Undurchsichtigkeit der Ölmasse sehr zu-statten; bei Horizontalprojektion erscheint aber der Ring nur als Strich, und bei Vertikalprojektion ist der notwendig vorhandene Antriebsmechanismus störend. Will man also nicht einen besonderen Apparat herstellen, bei dem der Antriebsmechanismus unter dem Boden liegt, die Achse durch eine gute Stopfbüchse geführt und in den Kasten ein unter  $45^\circ$  geneigter, die Achse rings umgebender Spiegel — der auch unmittelbar den Kastenboden bilden kann — eingesetzt ist, so kann man, wenn die Höhe des Kastens es gestattet, mit schräg von hinten unten durchfallendem Lichte die Erscheinung als Schattenbild auf einen wagenrechten Schirm, wie z. B. die weiße ebene Decke des Auditoriums, oder einen gewöhnlichen senkrechten Schirm projizieren, wenn man die Achse des Strahlenbündels unter  $45^\circ$  aufwärts gerichtet von hinten nach vorn durch den Apparat gehen läßt.

Einfache Bestimmung des spezifischen Gewichtes der Luft. Von G. Junge in Berlin. Zum Nachweis der Schwere der Luft dient der bekannte Versuch, daß eine Glas-kugel vor und nach dem Auspumpen gewogen wird. Die Bestimmung des spezifischen Gewichtes scheidet gewöhnlich daran, daß das Volumen der Kugel unbekannt ist. Man kann ja die Kugel sich voll Wasser saugen lassen. Doch wenn der Messinghahn sich nicht abnehmen läßt, ist bei der feinen Öffnung das Wasser schwer wieder ganz zu entfernen. Außerdem ist die mit Wasser gefüllte Kugel meist für die vorhandenen Wagen zu schwer.

Bequemer ist es, die Kugel sich voll Luft saugen zu lassen und das aufgesogene Luftvolumen zu messen. Die Einrichtung dazu ist fast dieselbe wie zum Auffangen eines Gases über der pneumatischen Wanne, nur geht die Luft in umgekehrter Richtung wie gewöhnlich das Gas. In das Wasser der pneumatischen Wanne wird ein mit Luft gefüllter Glaszylinder von bekanntem Volumen gestülpt, und ein gebogenes Glasrohr, das mit der leer gepumpten Kugel durch ein Schlauchstück verbunden ist, wird durch das Wasser bis oben in den Glaszylinder geleitet; am besten vor dem Einstülpen des Zylinders, damit das Glasrohr innen trocken bleibt. Beim Öffnen des Hahns an der Kugel steigt das Wasser im Zylinder so weit, bis der Druck in der Kugel nahezu der atmosphärische ist. Das Volumen der anfänglich aus der Kugel herausgepumpten Luft ist gleich dem Volumen des in den Zylinder aufgesogenen Wassers. Ist das Volumen der Kugel größer als das des Zylinders, so ist der Hahn der Kugel zu schließen, wenn der Zylinder fast voll Wasser ist, alles Wasser aus dem Zylinder fallen zu lassen und der Versuch zu wiederholen.

Schneller noch als durch Auspumpen von Luft aus der Kugel läßt sich durch Ein-pumpen die Schwere der Luft nachweisen. Nach der Wägung wird der Hahn geöffnet und die entweichende Luft über der pneumatischen Wanne aufgefangen. Die Volumenbestimmung bietet in diesem Falle gegen das oben beschriebene Verfahren den Vorteil, daß zwei Fehler-quellen fortfallen: das Rohr ist kürzer, und der Druck an der Öffnung des Rohres beim Schluß des Versuches weicht weniger vom atmosphärischen ab.

## Berichte.

### 1. Apparate und Versuche.

**Eine Polarisationsvorrichtung für die optische Scheibe.** Von HANS HARTL in Reichenberg. Diese Vorrichtung ist in ähnlicher Weise konstruiert wie der Dubosqsche Apparat zur objektiven Darstellung der linearen Polarisation, hat aber den Vorteil, daß durch die Anordnung auf der lotrechten Scheibe die jeweilige Stellung des Analysators gegen den Polarisator sowie alle sonstigen, für das Verständnis der Erscheinungen wichtigen Einzelheiten von den Schülern mit einem Blicke übersehen werden können. Auch der Umstand, daß die Vorrichtung auf der drehbaren Scheibe angebracht ist und somit durch Drehen der Scheibe der Einfallswinkel der Strahlen gegen den Polarisator in bequemster Weise geändert werden kann, ist ein Vorteil, der gestattet, rasch und sicher auf vollkommene Polarisation einzustellen, dann aber auch durch Verändern des Einfallswinkels den Einfluß desselben auf den Grad der Polarisation nachzuweisen.

Die Vorrichtung besteht aus einer mittels der beiden Lappen *a* und *b* und zweier kurzer Knopfschrauben an der optischen Scheibe zu befestigenden, weiß gestrichenen Blechplatte *B*, auf der zwischen zwei Säulchen *m* und *n* entweder eine Spiegelglasplatte *P* oder ein ungefähr zwanzig Glasplatten enthaltender Rahmen *P<sub>1</sub>* als Polarisator angebracht werden kann. Als Analysator dient ein ovaler Spiegel *A* aus schwarzem Glase, der um die Achse *C* sich drehen läßt. In Fig. 1 ist die Parallelstellung von Analysator und Polarisator dargestellt; bei einer Drehung um 90° nach vorn ergibt sich die „gekreuzte Stellung“, und wenn die Drehung bis 180° fortgesetzt wird, die „Gegenstellung“. Mit der Achse *C* des Analysators ist durch den Querarm *q* ein aus Pausleinwand hergestellter Schirm *S* verbunden, der sich in der Hülse *h* drehen und verschieben läßt. Bei Versuchen, bei denen sich der Analysator in Parallelstellung oder Gegenstellung befindet, wird der Schirm *S* schräg gestellt (Fig. 2), damit die Schüler die auf dem Schirm auftretenden Lichterscheinungen auch von vorn deutlich sehen.

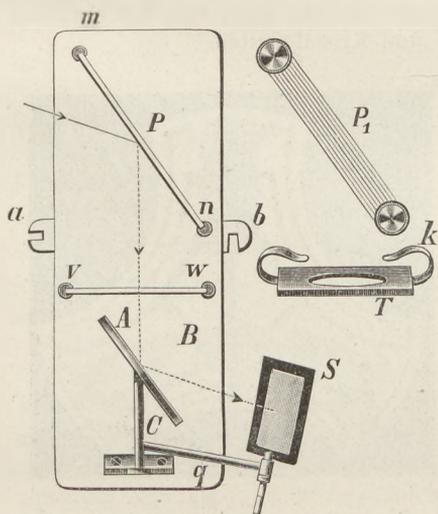


Fig. 1.

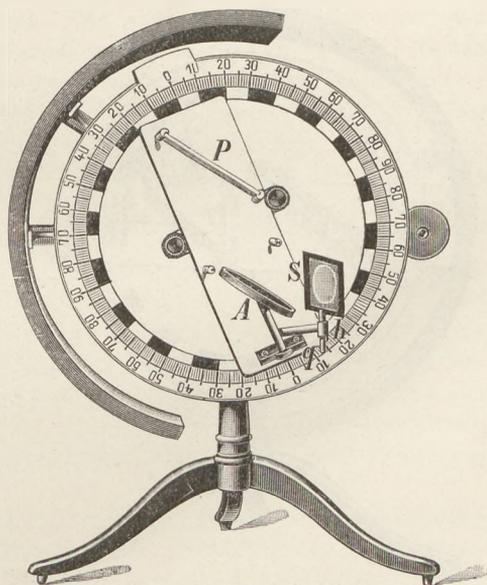


Fig. 2.

1. Nachweis der Polarisation durch Reflexion. Man läßt das zu den Versuchen verwendete Licht (am besten Sonnen- oder Skioptikonlicht) durch die freie Öffnung der Blende, die sonst zur Aufnahme der Spaltbleche dient, auf die Scheibe fallen und stellt diese parallel der Strahlenrichtung so ein, daß das Strahlenband auf den Polarisator *P* fällt (Fig. 2). Hierauf dreht man die Scheibe, bis auf dem Schirme *S* ein kreisrunder heller Fleck erscheint. Wenn man dann den Analysator um 90° in die gekreuzte Stellung dreht (Fig. 3), so ver-

schwindet der helle Fleck fast vollständig. Die Stellung des Apparates wird jetzt noch durch geringes Drehen der Scheibe berichtigt, bis der helle Fleck nicht mehr zu sehen ist. Dann ist die vollständige Polarisation erreicht, die Strahlen treffen den Polarisator  $P$  unter dem Polarisationswinkel. Durch leichtes Drehen der Scheibe zeigt sich, daß mit der Änderung des Einfallswinkels auch der Grad der Polarisation geändert wird, indem der helle Fleck auf dem Schirme  $S$  wieder erscheint. Dreht man dann den Analysator weiter bis in die „Gegenstellung“, so tritt der helle Fleck wieder in voller Stärke auf.

Um den Unterschied zwischen dem polarisierten und dem gewöhnlichen Lichte recht deutlich zu zeigen, lasse man vorher bei abgenommenem Polarisator das Licht unmittelbar auf den Analysator  $A$  fallen, wobei man dem Apparate die Stellung nach Fig. 3 gibt. Bei dem Drehen des Analysators zeigt sich, daß das Licht in jeder Lage mit gleicher Intensität reflektiert wird, daß es also keine „Seitlichkeit“ besitzt wie das polarisierte Licht. Zu diesen und den folgenden Versuchen ist übrigens keine Verdunkelung des Zimmers nötig. Verwendet man Sonnenlicht, das man der Scheibe mit dem „Reflektor“ zuwirft, so empfiehlt es sich, die gewöhnlichen Fenstervorhänge herabzulassen.

2. Nachweis der Polarisation durch wiederholte Brechung. Man vertauscht den Polarisator  $P$  mit dem Glasplattensatz  $P_1$ . Hierauf stellt man die Scheibe so, daß die Vorrichtung der Lichtquelle zugewendet ist (Fig. 3). Bringt man den Analysator in die gekreuzte Stellung, so zeigt sich auf dem Schirme der helle Fleck in voller Stärke, während er bei der Parallelstellung und Gegenstellung des Analysators verschwindet. Daraus ist zu ersehen, daß das durch die Glasplatten gebrochene Licht ebenfalls polarisiert ist, und zwar nach einer zur Polarisationsebene des reflektierten Lichtes senkrechten Ebene. Der Glassatz  $P_1$  kann auch mit Vorteil statt der Glasplatte  $P$  zum Polarisieren des reflektierten Lichtes verwendet werden.

3. Versuche über Interferenz polarisierten Lichtes beim Durchgange durch doppeltbrechende Körper. Für die Durchführung dieser Versuche wird ein kleines, mit kreisförmiger Öffnung versehenes Tischchen  $T$  (Fig. 1) benützt, das zwischen die Ständer  $v$  und  $w$  eingeschoben wird. Ein federnder Halter  $k$  dient zum Festklemmen der Glas- und Kristallplatten.

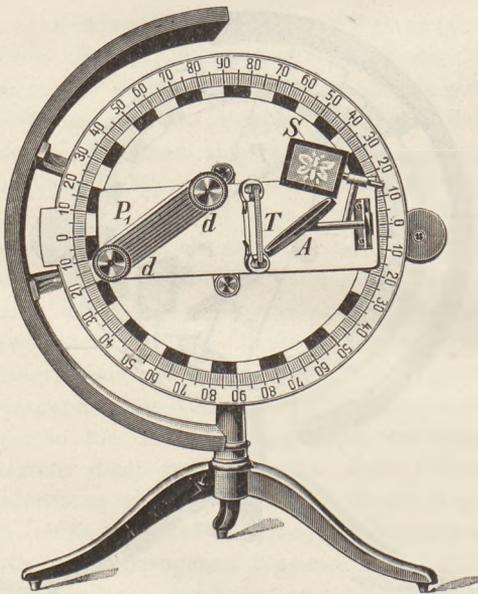


Fig. 3.

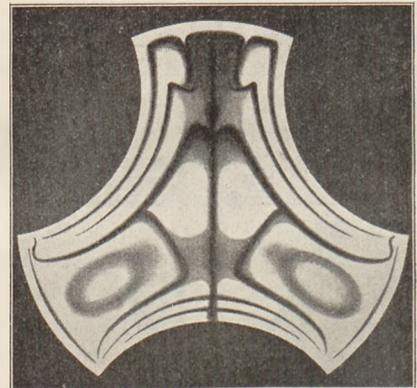


Fig. 4.

In Fig. 3 ist das Auftreten der Interferenzfarben beim Durchsetzen von Gipsplättchen dargestellt, die hier zu einem Schmetterlingsbild zusammengesetzt sind. Bringt man auf das Tischchen eine rasch gekühlte Glasplatte, so tritt eine Interferenzfigur auf, die beim Drehen des Analysators die bekannte Farbenwandlung und den Wechsel von hell und dunkel zeigt. Ersetzt man den kleinen Schirm durch eine dem Apparat beigegebene Sammellinse, so kann das Interferenzbild in beliebiger Vergrößerung auf einem transparenten Schirm  $S$  aufgefangen und auch in einem großen Saal von jedem Platz deutlich gesehen werden. Die Fig. 4 zeigt

eine derartige Figur, die mittels eines der von der Firma Umann (vor. Heft. S. 66) angefertigten rasch gekühlten Gläser hergestellt ist.

4. Versuche über Interferenz im konvergenten polarisierten Lichte. Auf dem Tischchen wird eine mit Holzfassung versehene Sammellinse angebracht, während unter ihr, dem Analysator zugekehrt, die betreffenden Kristalle eingeschoben werden. Diese werden dann von dem aus der Linse kommenden konvergenten Lichte durchsetzt. Nimmt man einen optisch einachsigen Kristall, z. B. Natronsalpeter, so erscheint auf dem Schirme bei dunklem Felde das Ringsystem mit dem dunklen Achsenkreuz, während optisch zweiachsige Kristalle die Lemniskaten mit den dunklen Hyperbelastern zeigen. Bei diesen Versuchen ist es nötig, die Schüler einzeln an den Schirm herantreten zu lassen, da die Ringsysteme zwar sehr scharf erscheinen, aber im ganzen zu fein sind, um aus der Ferne gesehen werden zu können. Auch ist darauf zu achten, daß sich das Auge des Beobachters senkrecht vor dem Schirme befindet. Hingegen lassen sich die bekannten Erscheinungen, welche Quarzplatten im konvergenten Lichte ergeben, insbesondere die Airyschen Spiralen, auch aus größerer Entfernung deutlich beobachten. Der Apparat wurde am 17. Januar d. J. im Wiener Vereine zur Förderung des physik. u. chem. Unterr. durch Prof. Dr. Rosenberg unter großem Beifall vorgeführt. Er wird von W. J. Rohrbecks Nachfolger in Wien für Kr 50,— geliefert.

(Zeitschr. f. d. Realschulw. 1905.)

## 2. Forschungen und Ergebnisse.

**Kathodenstrahlen.** Das Verhältnis der elektrischen Ladung  $\epsilon$  zur Masse  $\mu$  ist bisher ermittelt worden sowohl für die gewöhnlichen, in einer Entladungsröhre erzeugten Kathodenstrahlen als auch für solche, die von erhitzten Drähten oder Oxyden ausgehen; für Strahlen, die von ultraviolettem Licht an einer negativ geladenen Metallplatte ausgelöst werden, für reflektierte und durch ein Metallblättchen hindurchgelassene Kathodenstrahlen, für  $\beta$ -Strahlen der radioaktiven Substanzen. Für alle in dieser Weise erzeugten Kathodenstrahlen war das Verhältnis  $\epsilon/\mu$  von derselben Größenordnung. Wie R. REIGER ausführt, fehlen bei diesen Versuchen nur noch die Kathodenstrahlen, die von einem Isolator ausgehen, und diejenigen, die in einem Gase entstehen. (*Ann. der Physik* 17, 947; 1905.) Der Verf. bestimmte daher  $\epsilon/\mu$  zunächst für Kathodenstrahlen, die unter dem Einfluß ultravioletten Lichtes von einer negativ geladenen Glasplatte ausgehen. Die Glasplatte hatte einen Radius von 2 cm und wurde durch einen Stanniolbelag auf ihrer Rückseite geladen. Sie befand sich in einer Röhre mit seitlichem Ansatz und Quarzfenster, durch welches die Belichtung mittelst einer Bogenlampe erfolgte. Im allgemeinen war die Anordnung gleich der von Lenard benutzten (d. Ztschr. XVII 4f). Es wurde bei tiefen Drucken  $\epsilon/\mu$  durch den Potentialabfall und die magnetische Ablenkung der von der Elektrode ausgehenden Strahlen bestimmt. Ist  $V$  die Potentialdifferenz zwischen der geladenen, belichteten Platte und einer geerdeten Messingelektrode, durch deren 5 mm weite Öffnung die Kathodenstrahlen in das Innere der Röhre treten,  $J$  die Magnetisierungsstromstärke der die Röhre umgebenden Spule, so fand REIGER die Beziehung  $\epsilon/\mu = V \cdot 88 \cdot 10^{-6} / J^2$ , woraus  $\epsilon/\mu$  in 4 Messungen zwischen  $1,0 \cdot 10^7$  und  $1,12 \cdot 10^7$  bestimmt wurde.

Zur Untersuchung der Kathodenstrahlen, die im Gase selbst entstehen, wurden die Strahlen genommen, die nach Goldstein bei Verengerung des Querschnitts in der positiven Säule auftreten, und die nach Wiedemann und Schmidt Striktionskathodenstrahlen genannt werden. Als Kathode diente ein Aluminiumdraht, die Verengerung bestand aus zwei Röhren von je 15 cm Länge und einem Durchmesser von 1,0 bzw. 0,1 cm. Die aus der Kapillare tretenden Strahlen gingen durch die kreisförmige Öffnung einer als Anode dienenden Zinkplatte. Hinter dieser befanden sich zwei Kondensatorplatten, durch deren Ladung die Strahlen elektrostatisch abgelenkt werden konnten; zur magnetischen Ablenkung diente ein Feld von zwei Magnetisierungsspulen, das, wegen einer sonst erfolgenden Störung im Potentialabfall, nur schwach genommen werden konnte. Aus der Größe der elektrostatischen und magnetischen Ablenkung ergab sich  $\epsilon/\mu = 1,32 \cdot 10^7$ .

Wenn ein Metall längere Zeit im Entladungsrohr als Anode gedient hat, so wächst, wie Skinner gezeigt hat, der Anodenfall, und es treten — besonders wenn die Anode mit einer Öffnung versehen wird — an ihr die Anodenkathodenstrahlen auf. Auch für diese bestimmte REIGER  $\epsilon/\mu$ . Als Anode diente eine Aluminiumplatte, an der nach langem Stromdurchgang der anormale Kathodenfall auftrat. Die Bestimmung erfolgte aus einer Potentialmessung und aus der Krümmung der Strahlen im Magnetfelde. Es ergab sich  $\epsilon/\mu = 1,68 \cdot 10^7$ .

Da die gefundenen Werte sowohl unter sich wie auch mit den früher gefundenen Werten der Größenordnung nach übereinstimmen, so dürfte ganz allgemein der Satz gelten: „Überall, wo in der Natur Kathodenstrahlen auftreten, ist die Größenordnung von  $\epsilon/\mu$  dieselbe. Die Bedeutung dieses Satzes liegt darin, daß er den Schluß auf die Einheit des elektrischen Atoms gestattet gegenüber der Vielheit der Atome der Materie.“ Bei Kathodenstrahlen von sehr großer Geschwindigkeit ist allerdings, wie Kaufmann fand,  $\epsilon/\mu$  von dieser Geschwindigkeit abhängig; doch wird die Allgemeingültigkeit des obigen Satzes davon nicht betroffen.

Über die Reflexion der Kathodenstrahlen an dünnen Metallblättchen wird von E. WARBURG nach Versuchen von S. WILLIAMS in den *Ann. der Phys.* 17, 977 berichtet. Eine Oberfläche, die von Kathodenstrahlen getroffen wird, sendet ihrerseits auch wieder Kathodenstrahlen aus. Diese bestehen entweder aus Elektronen, die, nachdem sie mehr oder weniger tief in den Körper eingedrungen sind, von den Körpermolekülen zurückgeworfen werden, oder es sind, wie Thomson annimmt, Elektronen, die durch den Stoß der auffallenden Strahlen aus den Körpermolekülen frei gemacht worden sind. Es war nun von Interesse zu erfahren, wie tief die Schicht ist, in der sich diese „Reflexion“ der Kathodenstrahlen abspielt. Die zu den Versuchen benutzte Entladungsröhre besaß zwei rechtwinklig zueinander gestellte Seitenröhren, an deren Enden sich zwei ganz gleiche Aluminiumkathoden befanden. Diesen parallel gegenüber standen zwei als Anoden dienende Reflektoren, von denen der eine aus einer dicken Platte, der andere aus einem dünnen Blättchen desselben Metalles bestand. Die Kathodenstrahlen fielen senkrecht auf die Reflektoren; die von diesen kommenden „reflektierten“ Strahlen gingen nebeneinander parallel der Achse der Haupt- röhre und erzeugten nach Passierung geeignet angebrachter Diaphragmen auf einem Fluoreszenzschirm nebeneinander zwei helle Flecke, deren Helligkeiten miteinander verglichen werden konnten. Die Luftverdünnung wurde nach Dewar durch einen Behälter mit Kokosnußkohle in einem Bade flüssiger Luft reguliert.

War die Potentialdifferenz zwischen Kathode und Anode 20 000 Volt, hatte man also „20 000 Voltstrahlen“, so konnte man schon mit bloßem Auge bemerken, daß der von einer dicken Aluminiumplatte erzeugte Fleck heller war als der von einem dünnen Aluminiumblättchen herrührende. Da homogene Kathodenstrahlen bei der Reflexion unhomogen werden, so wurden die photometrischen Messungen an den magnetischen Spektren der reflektierten Strahlen vorgenommen. Diese Spektren wurden durch besondere Magnetisierungsspulen erzeugt und waren etwa dreimal so lang als die unabgelenkten Flecke. Die Spektren wurden in drei Bezirke geteilt und die entsprechenden miteinander verglichen; dazu diente ein Martenssches Photometer.

Aus den Messungen ließen sich folgende Schlüsse ziehen. Die Reflexion der Kathodenstrahlen erfolgt an einem dünnen Metallblättchen ebenso wie an einer dicken Platte von demselben Metall, solange die Geschwindigkeit bezw. das Potential der auffallenden Strahlen kleiner ist als der „kritische Potentialwert“. Überschreitet das Potential diesen kritischen Wert, so nimmt die Reflexion ab, und zwar tritt diese Abnahme zuerst bei den mehr abgelenkten Strahlen auf und schreitet mit wachsendem Potential zu den weniger abgelenkten im reflektierten Bündel fort. Der kritische Potentialwert hängt ab von der Dicke und der Natur des Blättchens und beträgt bei Aluminium für Dicken von  $0,53 \mu$ ,  $1,9 \mu$ ,  $2,44 \mu$  bezw. 11 000, 16 500, 21 800 Volt. Beim Vergleich der Reflexion eines Kupferblättchens (unechtes Blattgold von der Dicke  $0,66 \mu$ ) mit der Reflexion einer dicken Kupferplatte konnte selbst

bei 27 800 Volt kein Helligkeitsunterschied der beiden Spektren wahrgenommen werden; der kritische Potentialwert für Kupfer ist also größer als 27 800 Volt. Aus den Beobachtungen geht hervor, daß die Dicke der Oberflächenschicht, in der sich die Reflexion abspielt, bei Aluminium für 11 000 Voltstrahlen  $0,53 \mu$ , für 16 500 Voltstrahlen  $1,9 \mu$ , für 21 800 Voltstrahlen  $2,44 \mu$  beträgt. Bei dem dichteren Kupfer ist diese Schicht für 27 800 Voltstrahlen noch dünner als  $0,66 \mu$ .

Schk.

**Bequerelstrahlen und Radioaktivität.** 1. Eigenschaften der verschiedenen Strahlenarten. Bei Anwendung einer sehr dünnen Schicht Radiumbromid als Strahlungsquelle fanden BRAGG und KLEMAN, daß die  $\alpha$ -Strahlen aus vier verschiedenen Gruppen bestehen, von denen jede durch eine bestimmte, aber verschiedene Luftschicht hindurchzugehen vermag, bevor die Strahlen aufhören, das Gas zu ionisieren (*Phil. Mag.* 8, 719, 726; 1904). Die durch ein  $\alpha$ -Teilchen auf jedem Weg-cm erzeugte Ionisierung war auf der ganzen Bahn annähernd die gleiche und hörte dann ganz plötzlich auf. Jede dieser vier Strahlengruppen mit bestimmtem Luftwege entsprach einem besonderen Zersetzungsprodukt des im radioaktiven Gleichgewicht befindlichen Radiums: dem Radium selbst, der Emanation, und dem Radium A und C (vergl. d. Zeitschr. XVIII 294). So gingen die Strahlen vom Radium C durch etwa 6,7 cm Luft, bevor die Ionisierung aufhörte; der entsprechende Abstand beim Radium selbst betrug etwa 3,5 cm. Hieraus geht hervor, daß jedes Produkt des Radiums  $\alpha$ -Teilchen von einer bestimmten Geschwindigkeit aussendet, daß aber diese Geschwindigkeit für Strahlen verschiedener Produkte erheblich variiert.

Gehen die  $\alpha$ -Strahlen von einem Präparat aus, das eine gewisse Dicke hat, so kommen sie aus verschiedenen Tiefen des Präparats und besitzen daher an der Oberfläche schon verschiedene Geschwindigkeiten, auch wenn sie von dem gleichen Zersetzungsprodukt des Radiums herrühren. Um diese Fehlerquelle zu eliminieren, benutzte RUTHERFORD bei seinen Untersuchungen als Strahlenquelle nicht das Radium selbst, sondern einen Draht, der durch die Radiumemanation aktiv gemacht worden war (*Phil. Mag.* 10, 163; 1905). Der aktive Niederschlag auf dem Draht enthält dann zunächst die drei Radiumprodukte A, B und C. Da das Radium A in drei Minuten auf die Hälfte abklingt, so ist es in 15 Minuten verschwunden. Da B überhaupt keine Strahlen aussendet, so gehen solche nur noch von C aus; und da der Niederschlag so dünn ist, daß keine Absorption durch die aktive Masse selbst erfolgen kann, so entweichen alle Strahlen ohne Änderung ihrer Geschwindigkeit. Die Aktivität des Radium C sinkt in den ersten 28 Minuten auf den halben Wert. Um in dieser Weise eine intensive Strahlenquelle zu erhalten, wurde ein etwa 1 cm langer dünner Draht, in Anwesenheit einer Emanation von 20 mg Radiumbromid in Lösung, auf  $-800$  Volt geladen. Dieser Draht war dann so aktiv, daß er auf einem Schirm von Zinksulfid oder Willemit helles Leuchten und auf einer photographischen Platte in 7 cm Entfernung einen deutlichen Eindruck hervorrief. Gingen die Strahlen vorher durch einen Spalt, so erhielt man auf der Platte ein scharfes Bild des Spaltes. In einem Magnetfeld von etwa 9470 CGS. erschien das Spaltbild um 4,7 mm verschoben; seine Breite blieb aber dieselbe, woraus hervorging, daß alle  $\alpha$ -Strahlen gleich stark abgelenkt wurden (die  $\beta$ - und  $\gamma$ -Strahlen des Drahtes gaben nur eine geringe photographische Wirkung). Aus der gemessenen Krümmung des Strahlenbündels und der Feldstärke ergab sich  $V \cdot m/e = 398 \cdot 10^5$  ( $V$  Geschwindigkeit,  $m$  Masse,  $e$  Ladung). Da die elektrische Ablenkung nicht gemessen werden konnte, so wurden  $V$  und  $e/m$  aus der Wärmewirkung bestimmt, indem man annahm, daß diese allein von den  $\alpha$ -Strahlen herrührte. Aus der Ladung, die die  $\alpha$ -Strahlen mit sich führten, ergab sich die Zahl der pro Sekunde von dem Draht ausgesandten  $\alpha$ -Teilchen zu  $6,2 \cdot 10^{10}$ , aus der Wärmewirkung und Ladung  $V = 2,6 \cdot 10^9$  cm/Sek. und  $e/m = 6,5 \cdot 10^3$  elektromagnetische Einheiten, eine Zahl, die mit früher abgeleiteten gut übereinstimmt.

RUTHERFORD maß weiterhin die Abnahme der Geschwindigkeit der  $\alpha$ -Teilchen beim Durchgang durch verschiedene Aluminiumschichten. Es wurden Aluminiumblättchen von je  $0,00031$  cm Dicke aufeinander gelegt. Die Abschwächung der Strahlen ist umgekehrt proportional ihrer Geschwindigkeit nach Durchgang durch den Schirm. Die Strahlen blieben

beim Durchgang durch 12 Blättchen homogen und gaben einen deutlichen Eindruck auf der photographischen Platte; bei 13 Blättchen aber, also beim Durchgang durch eine Aluminiumschicht zwischen 0,0037 und 0,0040 cm, hörte die Wirkung ganz plötzlich auf. Die Geschwindigkeit war beim Durchgang durch 12 Blättchen nur um 36% verringert. Es stellte sich ferner heraus, daß die ionisierende und die phosphoreszierende Wirkung der vom Radium C ausgesandten  $\alpha$ -Strahlen in nahezu demselben Abstände plötzlich aufhört wie die photographische Wirkung. Nimmt man die ursprüngliche Geschwindigkeit  $V = 2,5 \cdot 10^9$  cm, so hört jede Wirkung auf, wenn  $V$  unter  $1,5 \cdot 10^9$  cm, d. h. etwa  $\frac{1}{20}$  der Lichtgeschwindigkeit, sinkt, obwohl die Energie der Teilchen noch fast 40% ihres Anfangswertes beträgt. Sie stellt das Minimum der Energie dar, die nötig ist, um ein Gas zu ionisieren. Die Absorption in Gasen ist hiernach eine Folge der bei Erzeugung der Ionen absorbierten Energie; sie ist pro Volumeneinheit proportional der Dichte des Gases. Da die Absorption der  $\alpha$ -Strahlen in festen Stoffen auch annähernd proportional ist der Dichte, so ist es wahrscheinlich, daß die Absorption der Strahlen in festen Stoffen ebenfalls das Ergebnis der zur Ionen-erzeugung verbrauchten Energie darstellt, die hiernach pro Ion die gleiche ist, ob die ionisierte Materie fest, flüssig oder gasförmig ist. Bei dieser Auffassung würde die photographische und phosphoreszierende Wirkung auch als ein Resultat der Ionisierung anzusehen sein.

Da die  $\alpha$ -Teilchen mit einer Geschwindigkeit fortgeschleudert werden, die nur etwa 30% größer ist als die kritische Geschwindigkeit, unter der überhaupt jede von ihnen ausgehende Wirkung aufhört, so ist es möglich, daß in anderen Substanzen auch ein ähnlicher Zerfall eintritt, den wir aber, da die begleitende Strahlung unter jener Grenze liegt, nicht wahrzunehmen vermögen. Vielleicht ist die Materie ganz allgemein radioaktiv; aber nur eine bestimmte Klasse von Körpern besitzt die Fähigkeit,  $\alpha$ -Strahlen oberhalb jeder Geschwindigkeitsgrenze auszusenden und eine Ionisierung hervorzurufen.

Weitere Versuche von BRAGG und KLEEMAN behandelten eingehender die Bahn der  $\alpha$ -Teilchen in verschiedenen Medien, durch die sie einen Verlust an Geschwindigkeit erleiden (*a. a. O. S. 318*). Jedes  $\alpha$ -Teilchen beschreibt in einem gegebenen Medium eine bestimmte Bahn, deren Länge von der Anfangsgeschwindigkeit des Teilchens und der Natur des Mittels abhängt. Der Wegverlust beim Durchgang durch ein Mittel ergab sich als nahezu proportional der Quadratwurzel des Atomgewichtes, bei einem zusammengesetzten Molekül proportional der Summe der Quadratwurzeln der Gewichte der Einzelatome. Nimmt man an, daß die beim Durchgang durch das Mittel verbrauchte Energie ganz zur Ionenbildung dient, so würde folgen, daß die Zahl der von einem  $\alpha$ -Teilchen beim Durchgang durch ein Atom erzeugten Ionen der Quadratwurzel aus dem Atomgewicht proportional ist.

Die sowohl von RUTHERFORD als von BRAGG und KLEEMAN entwickelten Anschauungen werden von BECQUEREL nicht geteilt (*C. R. CXXI 485; Phys. Zeitschr. 1905, S. 666*). Dieser bleibt bei seiner früher bereits ausgesprochenen Ansicht, daß die  $\alpha$ -Strahlen homogener Natur seien, daß sie vom Radium alle mit gleicher Geschwindigkeit entweichen, und daß diese Geschwindigkeit auch durch den Durchgang durch andere Stoffe nicht verändert wird. Nach einem von BECQUEREL beschriebenen Versuch, bei dem die Wirkung eines schmalen  $\alpha$ -Strahlenbündels auf eine photographische Platte geprüft wurde, scheint es in der Tat, als wenn die Ablenkung dieses Bündels durch ein Magnetfeld dieselbe bleibt, ob die Strahlen durch Luft oder durch Aluminium hindurchgehen, eine Geschwindigkeitsänderung also nicht eintritt. RUTHERFORD wiederholte diesen Versuch mit seinem aktivierten Draht, fand aber beim Durchgang durch Aluminium eine bedeutend größere Ablenkung als bei Luft (*Phil. Mag. 61, 166; 1906*). Nach seiner Meinung beruht das negative Ergebnis BECQUERELS darauf, daß dieser eine dicke Schicht Radiumsalz als Strahlenquelle benutzte. Diese sendet verschiedene Strahlengruppen aus, die alle auf ihrem Wege eine Einbuße an Geschwindigkeit erleiden; die langsamsten werden dabei ihre photographische Wirksamkeit ganz verlieren; die Grenzschicht des photographischen Eindrucks auf der Platte wird dann von anderen Strahlen hervorgerufen, die jetzt dieselbe Geschwindigkeit besitzen wie die früheren Strahlen vor

Einschaltung des absorbierenden Schirms. So bleibt das Bild auf der Platte scheinbar unverändert. Nach dieser Kritik RUTHERFORDS wären die Beobachtungen BECQUERELS gerade eine notwendige Folge der zusammengesetzten Natur der  $\alpha$ -Strahlen.

Eine positive Ladung der  $\alpha$ -Strahlen wurde zuerst von J. J. THOMSON nachgewiesen (*Nature* vom 15. Dez. 1904). Eine Platte von Radiotellur wurde in eine Vakuumröhre gebracht; 3 cm von ihr entfernt war eine mit einem Elektroskop verbundene Metallplatte. Bei hohem Vakuum beobachtete man an dem Elektroskop eine starke positive Ladung. Von einem starken Magnetfelde wurden die Elektronen abgelenkt, und die Wirkung auf das Elektroskop hörte auf. RUTHERFORD suchte die Größe dieser Ladung durch Messung des von Radiumbromid zwischen zwei Metallplatten bewirkten Stromes zu bestimmen und daraus die Zahl der von einer bekannten Radiummenge ausgesandten  $\alpha$ -Teilchen abzuleiten (*Phil. Mag.* 10, 193; 1905). Nimmt man an, daß jedes  $\alpha$ -Teilchen dieselbe Ladung hat wie ein Ion ( $3,4 \cdot 10^{-10}$  elektrostatische Einheiten oder  $1,13 \cdot 10^{-19}$  Coulomb), so ergibt sich die Zahl von  $3,6 \cdot 10^{10}$   $\alpha$ -Teilchen, die von 1 g Radiumbromid in der Sekunde ausgesandt werden. Nimmt man an, die Verbindung sei  $RaBr_2$ , so würde die Gesamtzahl der von 1 g Radium im Minimum seiner Aktivität pro Sekunde ausgesandten  $\alpha$ -Teilchen  $6,2 \cdot 10^{10}$  sein. Beim radioaktiven Gleichgewicht, wo auch die drei anderen Produkte (die Emanation, Radium A und C)  $\alpha$ -Strahlen aussenden, würde die Gesamtzahl der  $\alpha$ -Teilchen noch einmal so groß, also etwa  $2,5 \cdot 10^{11}$  sein.

Die Zahl der von 1 g Radium in 1 Sek. ausgesandten  $\beta$ -Teilchen wurde von RUTHERFORD nach einem ähnlichen Verfahren zu  $7,3 \cdot 10^{10}$  bestimmt, eine Zahl, die mit der für die  $\alpha$ -Teilchen gefundenen fast übereinstimmt. Sie ist etwas größer, was auf die von den  $\beta$ -Teilchen erzeugte sekundäre Strahlung zurückzuführen ist.

Aus dem gefundenen Werte der Gesamtzahl der  $\alpha$ -Teilchen, die pro Sekunde von 1 g Radium ausgesandt werden, versuchte RUTHERFORD die Ableitung anderer wichtiger physikalischer Konstanten der Radioaktivität. So fand er die durchschnittliche Lebensdauer des Radiums = 1850 Jahre, das Volumen der Emanation für 1 g Radium im radioaktiven Gleichgewicht = 0,83 cmm, die aus den  $\alpha$ -Teilchen herrührende Wärmewirkung des Radiums = 126 Grammkalorien pro Gramm und Stunde, die Zahl der von einem  $\alpha$ -Teilchen erzeugten Ionen = 86 000, die für die Erzeugung eines Ions aufgewendete Energie =  $2,7 \cdot 10^{-11}$  Erg.

Nach GODLEWSKI sind die vom Actinium ausgesandten  $\beta$ - und  $\gamma$ -Strahlen wesentlich verschieden von den entsprechenden Strahlenarten der anderen radioaktiven Substanzen (*Phil. Mag.* 10, 375; 1905). Die  $\beta$ -Strahlen sind vollständig homogen und haben ein verhältnismäßig geringes Durchdringungsvermögen. Während die  $\beta$ -Strahlen des Urans beim Durchgang durch 0,5 mm Aluminium zur Hälfte absorbiert werden, geschieht dies bei den  $\beta$ -Strahlen des Actiniums schon von 0,21 mm. Die durchdringende Kraft der  $\beta$ -Strahlen des Radiums ist sogar mehr als dreimal so groß als die der  $\beta$ -Strahlen des Actiniums. Die durch die  $\beta$ -Strahlen gemessene Aktivität nimmt sehr genau nach einem Exponentialgesetz mit der Dicke der durchstrahlten Substanz ab. Ähnliches gilt für die  $\gamma$ -Strahlen des Actiniums, deren durchdringende Kraft nur etwa ein Zehntel des Durchdringungsvermögens der betreffenden Radiumstrahlen beträgt.

Die so von GODLEWSKI beobachtete Abweichung der Actiniumstrahlen von denen des Radiums ist aber vielleicht keine prinzipielle, wenn man beachtet, daß J. J. THOMSON auch bei den andern radioaktiven Körpern sehr langsam sich bewegende  $\beta$ -Strahlen entdeckte, die ebenso wie die  $\alpha$ -Teilchen von Aluminiumfolie aufgehalten werden und darum bisher nicht bemerkt wurden (*Proceed. of the Cambridge Philos. Soc.* XIII 49 (1905); *Naturw. Rdsch.* 1906, S. 10). Bei einer Untersuchung der Einwirkung eines von Sthamer in Hamburg bezogenen Poloniumniederschlags auf das geladene Elektroskop zeigte sich bei positiver Ladung eine rasche Zerstreung, die im Magnetfelde aufgehalten wurde. Dies war nur zu erklären durch negative Teilchen, die von dem Polonium ausgingen; da sie eine negative Ladung des Elektroskops nicht vermehrten, so mußte ihre Geschwindigkeit sehr gering sein, so daß sie von dem gleichnamig geladenen Elektroskop abgestoßen wurden. Bisher kannte

man beim Polonium nur positive  $\alpha$ -Strahlen. Da diese keine Zerstreung der negativen Ladung bewirkten, mußten sie, wie J. J. THOMSON schließt, beim Durchgang durch den Schwarm langsamer  $\beta$ -Strahlen neutralisiert worden sein. Indes ließ sich ihre positive Ladung doch nachweisen, wenn man das Elektroskop nicht wie bei den bisherigen Versuchen in 4 cm Entfernung, sondern so nahe wie möglich an das Polonium brachte. Wurden hier die  $\beta$ -Strahlen durch das Magnetfeld abgelenkt, so sank die entladende Wirkung bei positiver Ladung auf 0, bei negativer Ladung hatte sie einen meßbaren Wert, der nur von den positiven  $\alpha$ -Strahlen herrühren konnte. Mit Radium erhielt man dasselbe Resultat. Auch die Emanationen des Radiums und Thoriums senden, wie Miss SLATER in ähnlicher Weise nachwies, langsame negative Strahlen aus (*Phil. Mag.* 10, 460; 1905). Eine „Emission negativer Korpuskeln“ beobachtete J. J. THOMSON ferner bei den Alkalimetallen, und zwar nicht nur wenn sie belichtet wurden, sondern auch im Dunkeln (*Phil. Mag.* 10, 584; 1905). In einem hoch evakuierten Glasgefäß befand sich ein möglichst reines Stück Rubidiummetall oder einer Na-K-Legierung einem isolierten Goldblattelektroskop gegenüber. Das Gefäß befand sich in einem lichtdichten Holzkasten; die Änderung der Goldblättchen wurde durch sehr rasche Belichtung mit rotem Licht sichtbar gemacht. Bei positiver Ladung des Elektroskops zeigte sich eine geringe Zerstreung, die durch ein Magnetfeld völlig aufgehoben wurde; bei negativer Ladung war gar keine Wirkung zu beobachten. Die positive Zerstreung war besonders groß, wenn sich in dem Gefäße etwas Wasserstoff befand.

Die auf einer Substanz hervorgerufene sekundäre Strahlung hat Mc. CLELLAND einer erneuten eingehenden Prüfung unterworfen (*Phil. Mag.* 9, 230; 1905). Zur Bestrahlung dienten 50 mg Radiumbromid, die in ein Gefäß eingeschlossen waren, das die  $\alpha$ -Strahlen zurückhielt. Ein dünnes Strahlenbündel fiel in etwa 26 cm Entfernung auf die zu prüfende Platte (Stanniol); die von ihr ausgehende sekundäre Strahlung wurde auf elektrischem Wege gemessen. Die primäre Wirkung auf das Elektrometer war durch Blei abgeblendet. Zuerst wurde ein Einfluß der Stellung der Platte zu den primären Strahlen untersucht. Es ergab sich eine nach allen Richtungen gehende sekundäre Strahlung mit einem entschiedenen Maximum in einer Richtung, was wahrscheinlich in einer Art von Reflexion seinen Grund hat. Die sekundäre Strahlung wuchs bis zu einer gewissen Grenze mit der Dicke der Stanniolschicht; sie geht also nicht bloß von der Oberfläche aus. Von den verschiedenen Arten der primären Strahlen zeigten die weniger durchdringenden  $\beta$ -Strahlen eine größere sekundäre Wirkung als die sehr durchdringenden; aber auch  $\gamma$ -Strahlen geben noch einige sekundäre Wirkung. Von verschiedenen Stoffen zeigten die von größerer Dichte im allgemeinen eine größere sekundäre Strahlung, doch gab es hiervon Ausnahmen, indem Platin weniger als Blei, Zinn mehr als Kupfer zurückstrahlte. Je größer das Atomgewicht, um so größer ist die sekundäre Strahlung, doch ist das Verhältnis beider nicht konstant. Von den geprüften Stoffen war die sekundäre Strahlung des Bleis am meisten, die von Paraffin, Pappe, Ebonit am wenigsten durchdringend. Durch Einwirkung eines Magnetfeldes wurde festgestellt, daß das sekundäre Bündel Strahlen von größerer Geschwindigkeit enthält als das primäre. Zu in mancher Beziehung ähnlichen Ergebnissen führten Untersuchungen von G. KUČERA über die von den sekundären  $\beta$ - und  $\gamma$ -Strahlen des Radiums in verschiedenen Gasen hervorgebrachte Ionisierung (*Ann. d. Physik* 18, 974; 1905). Schk.

**Die Leitfähigkeit der Flammgase** wird allgemein der Gegenwart von Ionen zugeschrieben. Besonders geeignet für derartige Untersuchungen erwiesen sich nach MASSOULIER Ätherflammen (*C. R. CXL* 234, 647, 1023; 1905). Diese erzeugen eine sehr intensive Ionisation, die abhängig ist nicht nur von der Temperatur, sondern auch von chemischen Reaktionen innerhalb der Flamme. Das letztere ergibt sich besonders deutlich, wenn man in die Flamme Kohlensäure einströmen läßt. Man beobachtet dann eine sehr merkliche Abnahme der Temperatur und gleichzeitig ein beträchtliches Wachstum des durch die Flammgase zwischen zwei Platinelektroden von konstantem Potential erzeugten Stromes. Bei einem Versuch hatte der Verfasser z. B. die Elektroden in 2 mm gegenseitigem Abstand und 2 cm über dem Brenner; die Spannung betrug 88 Volt. Die blaue Flamme wurde erzeugt durch

Verbrennung eines mit Ätherdampf gesättigten Luftstroms von 80 l pro Stunde. Die Elektroden waren hellorange glühend und das den Strom anzeigende Galvanometer hatte 14 mm Ablenkung. Wurde jener Mischung von Luft und Ätherdampf in der Stunde 9 l  $\text{CO}_2$  zugemischt, so war die Ablenkung 21 mm, bei 36 l  $\text{CO}_2$  pro Stunde, wo die Flamme rot war, 41 mm; bei 66 l  $\text{CO}_2$ , wo die Elektroden dunkel waren, war die Ablenkung wieder 33. Diese Resultate erklären sich, wenn man annimmt, daß die Kohlensäure sich in der Flamme dissoziiert und daß 1. diese Dissoziation, indem sie Wärme absorbiert, die Temperatur des Mittels herabsetzt, 2. einen sehr wichtigen Beitrag zur Ionenbildung liefert, da der Strom dreimal so intensiv wird trotz der sehr bedeutenden Verminderung der mit dem Herabgehen der Temperatur verbundenen Beweglichkeit und trotz der Geschwindigkeitszunahme des Gasstroms, der eine große Zahl von Ionen aus der Wirkung des Feldes entweichen läßt. Ersetzt man die Kohlensäure durch ein anderes nicht dissoziierbares Gas, z. B. Luft, so ist die Wirkung eine ganz andere: bei fortschreitender Vermehrung des Zustroms auf 52 l pro Stunde ändert sich die Temperatur sehr wenig, scheint eher höher zu werden, während der Strom auf 4 Teilstriche sinkt.

Die Geschwindigkeit der von einer kleinen Gasflamme erzeugten Ionen bestimmte E. BLOCH nach einer der Langevinschen ähnlichen Methode (*C. R. CXL 1327*; vergl. d. *Zeitschr. XVIII 233*). Er fand, daß die in den Flammgasen enthaltenen Ionen im Verlauf einer hinreichend langen Zeit (15–20 Minuten von ihrem Austritt aus der Flamme) einen Gleichgewichtszustand mit der Beweglichkeit von 0,01 mm erreichen. Sie müssen daher in die Kategorie der großen Ionen eingereiht werden.

Eine Verringerung der Ionengeschwindigkeit in den Gasen farbiger Flammen wurde von P. LEWIS beobachtet (*Phys. Zeitschr. 1905, S. 726*). Der Verfasser fand zunächst, daß die Entladungsgeschwindigkeit eines einer Bunsenflamme genäherten Elektroskops bedeutend vermindert wird, wenn man ein Salz irgend eines Alkalimetalls in die Flamme einführt. Da die Ionisierung der Flamme dadurch bedeutend erhöht wird, so könnte die verminderte Leitfähigkeit der Flammengase nur auf Rechnung der verminderten Ionengeschwindigkeit gesetzt werden. Eine Messung der Ionengeschwindigkeit ergab in der Tat bei der farblosen Flamme  $v = 32$  bis  $33$  cm pro Sek. pro Volt/cm, bei der mit verschiedenen Salzen gefärbten Flamme je nach der Konzentration Werte von  $v$  zwischen 0,016 und 0,162 cm. Aus der genauen Zahlentabelle ergibt sich, daß die Geschwindigkeit von Ionen desselben Vorzeichens aus äquimolekularen Lösungen aller Alkalimetalle sehr angenähert die gleiche ist. Die Geschwindigkeit aller Ionen gleichen Zeichens aus äquimolekularen Lösungen der Calciumgruppe ist ebenfalls dieselbe, aber etwas kleiner als die Hälfte der entsprechenden Geschwindigkeit bei den Alkalimetallen. Die Geschwindigkeit der negativen Ionen ist allgemein etwas kleiner als die der positiven. Die spezifische Ionengeschwindigkeit ändert sich im umgekehrten Verhältnis der Quadratwurzel aus der Konzentration. — Der Sättigungsstrom durch die Gase der gefärbten Flamme ist etwa 20mal größer als der von der farblosen Flamme; die Ionisierung selbst ist also bei ersterer 20mal größer. Da die Ionengeschwindigkeit einer gesättigten NaCl-Lösung aber nur  $\frac{1}{50}$  der einer farblosen Flamme ist, so findet die verringerte Entladungsgeschwindigkeit eines Elektroskops durch gefärbte Flammen ihre Erklärung. — Ein Vergleich der von LEWIS gefundenen Zahlen mit denen WILSONS zeigt, daß die Geschwindigkeiten mit der Temperatur rasch abnehmen.

Auch WILSON untersuchte die elektrische Leitfähigkeit einer Flamme mit und ohne Salzdämpfe (*Phil. Mag. 10, 476; 1905*). Die Untersuchung erstreckte sich auf den zwischen Platinelektroden entstehenden Strom und Potentialverlauf. Der Strom fiel langsam mit wachsender Elektrodendistanz. In der Nähe jeder Elektrode erfolgt ein plötzlicher Potentialsturz, während der Gradient in dem Zwischenraum gleichmäßig verläuft. Beim Einführen eines Alkalisalzes ( $\text{K}_2\text{CO}_3$ ) in die Flamme fiel der Strom rasch mit zunehmender Distanz; der Kathodenfall war sehr verringert, während der Gradient zwischen den Elektroden wuchs. Bei großer Elektrodendistanz war der Strom mit  $\text{K}_2\text{CO}_3$  an der Kathode etwa 50mal größer als ohne Salz; die elektrische Intensität zwischen den Elektroden aber war nur 3–4mal so

groß. Eine Erklärung der WILSONSchen Beobachtungen dürfte sich mit Hilfe der LEWESSchen Entdeckung wohl ermöglichen lassen. Schk.

**Die Durchlässigkeit von geschmolzenem Quarz und Glas für Gase** ist nach den Untersuchungen BERTHELOTS eine sehr erhebliche (*C. R. CXL 821, 1159, 1286; 1905*). Über die Durchlässigkeit von Quarz für Wasserstoff und Helium wurde bereits in d. Ztschr. *XVIII 228* berichtet. BERTHELOT dehnte die Versuche auf Sauerstoff, Stickstoff, Kohlensäure, Naphthalin, Methyl aus. Die Quarzröhren wurden in gewöhnlicher Luft unter normalem Druck erwärmt und dann der Wirkung einer Quecksilberluftpumpe unterworfen, damit die Versuchsgase unter genau bekanntem Druck einzudringen vermochten. Es zeigte sich, daß der geschmolzene Quarz bis zu einem gewissen Punkte sich Gasen gegenüber wie eine tierische Membran verhält, indem er der Endosmose und der Exosmose fähig ist. Der Verlauf der Erscheinungen ist dabei abhängig von der Dicke der Wand, ihrer Erweichung, der Adhärenz von Kohle oder anderer fester Reaktionsprodukte an den Wänden, der Menge des mit dem Quarz verbundenen Alkali, von den Temperaturen und von der Zusammensetzung und Spannung der Gase. Ebenso wie Quarz zeigte sich auch Glas durchlässig für Wasserstoff, Sauerstoff, Kohlensäure. BERTHELOT untersuchte das weiße Glas der gewöhnlichen Röhren sowie das Jenenser Glas; das erstere wird bei  $550^{\circ}$  weich und ist bei  $660^{\circ}$  sehr plastisch, dieses beginnt bei  $700$  bis  $750^{\circ}$  zu erweichen und schmilzt noch bei  $800$  bis  $810^{\circ}$  nicht. In diesem Zustande der Weichheit sind die Wände der Glasgefäße ebenso wie die der Quarzgefäße für Gase durchlässig; zwischen den von ihnen eingeschlossenen Gasen und den Gasen der umgebenden Luft findet ein osmotischer Austausch statt. Das erweichte Glas verhält sich also ganz wie eine Kautschukwand oder wie eine kolloidale Membran. Die so beobachteten Erscheinungen werden fortan bei allen Gefäßen von Glas, Quarz, Steingut, glasiertem Porzellan beachtet werden müssen, sobald diese auf eine der Erweichung nahe Temperatur gebracht werden: so bei organischen Analysen, bei der Reduktion der Metalle durch Wasserstoff, bei Messungen hoher Temperaturen mittels Gasthermometer, bei Atomgewichtsbestimmungen u. a. Schk.

**Neuere Untersuchungen über den elektrischen Lichtbogen.** Die Entladungen der Elektrizität in Gasen haben in neuerer Zeit große Bedeutung für die Theorie der Elektrizität erlangt, andererseits ist der Lichtbogen diejenige Entladungsform, welche relativ am leichtesten zu erhalten ist; dies wie auch die neuesten Fortschritte der Bogenlichttechnik sind wohl die Gründe, weswegen man der Untersuchung des Lichtbogens wieder mehr Aufmerksamkeit widmet.

In unmittelbarer Beziehung zu den Flammenbogenlampen steht eine Untersuchung von E. MARTINY über „Wirkung magnetischer Querkräfte auf einen Gleichstromlichtbogen mit geradliniger Strombahn“ (*Diss. Rostock 1904*), da bei den meisten Flammenbogenlampen mit abwärts gegeneinander geneigten Kohlen ein sogen. Blasmagnet (vergl. „Das Bremerlicht“ d. Zeitschr. *XV 111–114*) zur Anwendung kommt; brauchbare quantitative Untersuchungen über die Einwirkung magnetischer Kraft auf den Lichtbogen fehlten bisher fast ganz. MARTINY hat sich nun auf senkrecht übereinander stehende Kohlen beschränkt, als Elektroden aber Homogenkohlen, eine Homogen- und eine Docht-, oder zwei Dochkohlen benutzt; die Messungen wurden an dem durch Projektion erhaltenen vergrößerten Bilde des Bogens gemacht und ergaben, ohne daß sich für das Resultat ein mathematischer Ausdruck finden ließ, daß die deformierende Wirkung schneller wächst als die Feldstärke, und zwar in um so stärkerem Maße, je größer der Elektrodenabstand, d. h. die eigentliche Bogenlänge, ist.

Sehr interessante und wertvolle Untersuchungen hat sodann H. TH. SIMON angestellt (*Phys. Zeitschr. VI 297–319; 1905*). Besitzt ein Leiter einen stark von der Temperatur abhängigen Widerstand  $W$ , so lassen sich die Beziehungen zwischen einer an ihn gelegten Spannung  $E$  und der dabei durch ihn gehenden Stromstärke  $J$  nicht mehr in einfacher Weise darstellen, da  $W$  eine komplizierte Funktion von  $J$  ist; einfacher gelangt man zum Ziele, wenn man zu einer Reihe von Spannungswerten die zugehörigen Stromstärken durch Messung bestimmt und danach  $E = \mathfrak{F}(J)$  graphisch aufzeichnet, was die sogen. statische Charakteristik ergibt.

Hat man diese für verschiedene Leiter ermittelt, so erhält man graphisch die eines aus zwei solchen zusammengesetzten Systemes durch Addition der Spannungen der Teilcharakteristiken, wenn die Leiter hintereinander, durch Addition der Stromstärken, wenn sie nebeneinander geschaltet sind; in beiden Fällen wird sich ein stationärer Zustand einstellen, gekennzeichnet durch einen Strom  $J_s$ , und zwar ist dieser bei Hintereinanderschaltung gegeben durch die Bedingung  $E - E_2 = E_1$ , worin  $E$  die Systemspannung,  $E_1$  und  $E_2$  die Spannungen an den Teilleitern sind.  $J_s$  ist gegeben durch den Schnittpunkt der Kurven  $E_1 = \mathfrak{F}_1(J)$  und  $E_2 = E - \mathfrak{F}_2(J)$ , so daß man also den stationären Zustand graphisch ermitteln kann, und von den in gleicher Weise eingezeichneten Leistungshyperbeln (deren Gleichung  $E_1 \cdot J_1 = \text{konst.}$ , und  $E_2 \cdot J_2 = \text{konst.}$ ) ergeben diejenigen, die sich im Punkte  $S$  schneiden, die Leistungsanteile der beiden Teilleiter. Ist einer der beiden Leiter ein unveränderlicher sogen. Vorschaltwiderstand  $W_2$ , so ist die Kurve  $E_2 = \mathfrak{F}_2(J)$  eine Gerade, welche mit der  $E$ -Linie den Winkel  $\alpha$  bildet, bestimmt durch  $\text{tg } \alpha = W_2$ . Eine Änderung von  $E$  bedeutet im Diagramm eine Verschiebung der Widerstandsgeraden sich selbst parallel, eine Änderung von  $W_2$  eine Drehung dieser Geraden um ihren Schnittpunkt mit der Ordinate; man kann ferner auch aus einem solchen Diagramm ersehen, welches die Stabilitätsbedingungen sind, denn es können sich die Charakteristiken in mehreren Punkten schneiden und für diese unter gewissen Umständen das Gleichgewicht labil sein, der Strom springt dann auf den nächsten, einer höheren Stromstärke entsprechenden Schnittpunkt, für den das Gleichgewicht stabil ist. Hiermit lassen sich eine große Reihe merkwürdiger Erscheinungen an Gasentladungen erklären, so auch namentlich beim Lichtbogen die, daß von den Stromstärkewerten, die den zwei Schnittpunkten der Charakteristik des Vorschaltwiderstandes (einer Geraden) mit der Charakteristik des Bogens (einer Hyperbel) entsprechen, nur der eine zu erhalten ist, weil der andere dem labilen Gleichgewichtszustand entspricht. Diesen statischen Charakteristiken hat nun SIMON dynamische Charakteristiken angereicht, indem er mittelst Oszillographen oder BRAUNSCHE Röhre bei Wechselstrombögen den Verlauf der Linie  $E = \mathfrak{F}(J)$  für eine Periode ermittelt. Hierbei ergab sich nun das überraschende Resultat, daß die erhaltene Schaulinie eine geschlossene Kurve ist, welche eine Fläche einschließt, daß für wachsende Spannung die Charakteristik wesentlich anders ist als für fallende, mit anderen Worten: es ergab sich eine Erscheinung, die zweckmäßig als Lichtbogenhysteresis bezeichnet wird. Die Form dieser dynamischen Charakteristiken kann u. U. nahezu die gleiche sein wie die der magnetischen Hysteresiskurven, hängt aber sehr von der Bogenlänge, der maximalen Stromstärke und der Periodenzahl ab; bei ganz kurzen Bögen greift sogar der fallende Zweig über den steigenden, was möglicherweise durch Lichtströmungen veranlaßt sein kann. Diese Erscheinungen bezw. der Verlauf dieser Charakteristiken läßt sich gut nach der Iontentheorie des Bogens erklären, erklärt aber selbst wieder mancherlei, so z. B. das Phänomen des selbsttönenden Bogens nach DUDELL; hier sucht der Bogen infolge der Energieentnahme durch den Kondensator des angeschalteten Schwingungskreises auf dem absteigenden Aste einer solchen dynamischen Charakteristik zu verlöschen; sobald nun nach Aufladung des Kondensators wieder Energie an den Bogen abgegeben wird, zündet dieser, und zwar erfolgt dies auf einer anderen, höheren Spannungen entsprechenden Charakteristik, bis ein Labilitätspunkt erreicht ist, und nun die Spannung unter raschem Anstieg der Stromstärke fällt.

Besonders mit dem Einfluß von Strom- und Spannungsänderungen auf die Größe und Temperatur des negativen Bogenkraters beschäftigen sich Untersuchungen von M. REICH (*Phys. Zeitschr.* VII 73÷89; 1906). Nach der neueren Theorie des Lichtbogens ist nämlich Existenzbedingung für den Bogen, daß die Kathode so hoch erhitzt ist, daß sie negative Elektronen in das umgebende Gas aussendet; bestätigt ist diese Annahme u. a. durch die Versuche von CASSUTO (*Phys. Zeitschr.* V 263÷264; 1904) am Lichtbogen zwischen Quecksilber und Kohle, und von STARK und CASSUTO (ebenda 264÷269) am Bogen zwischen gekühlten und nicht gekühlten Elektroden. REICH verfuhr nun so, daß er zu Temperaturmessungen bei stationärem Bogen das WANNERSCHE optische Pyrometer benutzte, die Kratergröße durch

Fernrohr mit Okularmikrometer bestimmte, bei variablem Strom den Bogen kinematographisch photographierte und die Größe des Kraters durch Ausmessung seiner Bilder mittelst der Teilmaschine, die Temperatur aus dem „Schwärzungsgrade“ nach vorheriger Ermittlung des Verhältnisses zwischen „Schwärzung“ und Temperatur bestimmte und die zugehörigen Strom- und Spannungskurven mittelst DUDELLSchen Oscillographen aufnahm. Als Lampe diente eine Gleichstromflammenbogenlampe von KÖRTING & MATHIESEN, bei welcher die untere Kohle senkrecht zur oberen auf einem in geeigneter Weise mit dem Regelwerk verbundenen Schlitten verschiebbar angebracht war, während ein Blasmagnet veränderlicher Erregung den Bogen auf der Spitze der oberen wagerechten Kohle erhielt; beide Elektroden waren Homogenkohlen Marke A von GEBR. SIEMENS. Die Kratertemperatur ergab sich bei diesen Versuchen im Mittel zu  $3140^{\circ}$  absolut; die Temperatur des positiven Kraters wurde zu  $3700^{\circ}$  absolut gefunden. Aus den in mannigfacher Weise variierten Versuchen ergab sich schließlich: 1. Die von der Flächeneinheit des Kathodenkraters ausgestrahlte Elektronenmenge ist unabhängig von der Stromstärke; 2. Der Kathodenfall ist unabhängig von der Stromstärke; für die Kratergröße ließ sich eine innerhalb eines begrenzten Bereiches der Stromstärke brauchbare Beziehung finden, wonach die Kratergröße  $F = a + b \cdot J + c \cdot J^2$  ist. Für die Bildung der für den Flammenbogen nötigen Elektronenmenge ist in erster Annäherung nur die Kathode maßgebend, und zwar das Produkt aus der Kratergröße und einer bisher noch nicht ermittelten Funktion der Temperatur. Das Gleichgewicht der Ionenverteilung im Bogen stellt sich äußerst rasch her, dieser folgen Stromschwankungen in außerordentlich kurzer, bei den Versuchen nicht feststellbarer Zeit.

Seitdem nun die vorher nur gelegentlich zu wissenschaftlichen Zwecken verwendete Quecksilberlampe durch COOPER HEWITT in die Praxis eingeführt ist, und man gelernt hat, den Quarz so weit zu bemeistern, um daraus Gefäße aller Art zu blasen, hat man nun auch dem Metallbogen wieder mehr Beachtung geschenkt und hat namentlich ihn wiederholt benutzt, um bestimmte am Lichtbogen allgemein zu beobachtende Erscheinungen bequemer zu untersuchen. Interessant ist nun, zu wissen, wie der Potentialverlauf in dem langen Bogen einer solchen Quecksilberlampe ist, und man hat hier u. a. Messungen in der Weise angestellt, daß man in bestimmten gleichen Abständen Sonden in die Glaswand des Lampenrohres einschmolz und die Potentialdifferenz für die einzelnen Intervalle bestimmte; genauer ist das von J. POLLAK (*Phys. Zeitschr. VI 277-281; 1905*) angewandte Verfahren, bestehend in der Anwendung einer Sonde, die durch ein durch Hg abgesperrtes, unten an die senkrecht stehende Lampe angesetztes Rohr in diese hineinragt und in ihr beliebig verschiebbar ist. Die auf diese Weise angestellten Messungen ergaben bei einem Elektrodenabstand von 450 mm bei 21,8 Volt und 6,1 Amp. einen Anodenfall von 5,1 Volt, einen Kathodenfall von 4,4 Volt und dazwischen in der ungeschichteten Lichtsäule einen fast konstanten Potentialgradienten (Spannungsabfall pro Längeneinheit); die charakteristische Gestalt der diesen Spannungsverlauf darstellenden Kurven blieb unverändert, wenn man andere Stromstärken verwandte. J. STARK und R. KÜCH haben dann verschiedene Stoffe, und zwar Cd, Zn, Pb, Bi, Sb, Te, Se, als Elektroden in Quarzlampen verwendet und die elektrischen und spektralen Eigenschaften des zwischen solchen erhaltenen Bogens untersucht (*Phys. Zeitschr. VI 438-443; 1905*). Diese Metallbögen zeigen im allgemeinen das gleiche Verhalten wie der Quecksilberbogen unter gleichen Umständen; Spuren flüchtiger anderer Metalle geben sich dadurch zu erkennen, daß eine andere Farbe, durch die Röhre fortschreitend, ein Wandern des fremden Metalles von der Anode durch den Gasraum zur Kathode anzeigte. Sind die Existenzbedingungen für den Lichtbogen erfüllt, so ist es gleichgültig, ob die Gasbahn Dampf des Elektrodenmetalles enthält oder aus fremden Metaldämpfen besteht. Schwer flüchtige Metalle wie Zn geben keinen Bogen, wenn nicht andere gut leitende, z. B. Hg-Dampf vorhanden ist. Nach Ansicht von STARK sind die positiven Atomionen die Träger der Linienspektren, solche müssen daher alle Teile des Bogens zeigen, was tatsächlich auch bei diesen Versuchen der Fall war. Neben den Linien zeigen sich aber je nach der Elektrodensubstanz mehr oder weniger zahlreiche Banden; das Bandenspektrum soll nun seinen Ursprung haben

in der Rückbildung der positiven Atomionen mit einem negativen Elementarquantum zum neutralen Atom; aus dieser Annahme folgt im weiteren, daß das Bandenspektrum bzw. im Spektrum die Banden wesentlich lichtschwächer als die Linien sein müssen, und die Linien der Banden selbst mit steigender Temperatur sich verbreitern und miteinander verschwimmen müssen. Solche diffusen lichtschwachen Banden zeigten die untersuchten Lampen in der Tat.

*Biegou von Czudnochowski.*

**Zur Synthese der Eiweißstoffe.** Über diesen Gegenstand hielt am 6. Januar d. J. Herr G.-R. EMIL FISCHER in dem dicht gefüllten Hörsaal des Hofmann-Hauses einen Vortrag, dessen Hauptpunkte wir nachstehend wiedergeben.

Von den in der Natur vorkommenden, teilweise in kristallisierbarer Form dargestellten Eiweißstoffen ist bisher außer ihrer quantitativen Zusammensetzung im wesentlichen nur ihre bei der Einwirkung von Säuren, Basen oder den Fermenten des Verdauungstraktes eintretende hydrolytische Spaltung bekannt. Bei dieser entstehen drei Gruppen von Stoffen: die Albumosen, die Peptone und die Aminosäuren, von denen die letzteren dem Vortragenden als Operationsbasis dienten, als er sich vor 6 Jahren entschloß, zu erforschen, wie weit mit den modernen Hilfsmitteln der organischen Chemie ein Vorstoß in das Gebiet der Eiweißstoffe möglich sei. Denn von ihnen ist eine ganze Anzahl bereits synthetisch dargestellt und hinsichtlich der Konstitution erforscht, nämlich

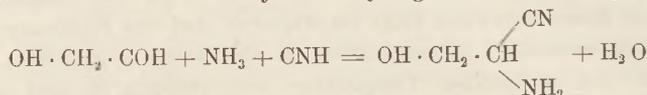
1. das Glykokoll (Aminoessigsäure),  $\text{NH}_2 \cdot \text{CH}_2 \cdot \text{COOH}$ ;
2. das Alanin ( $\alpha$ -Aminopropionsäure),  $\text{CH}_3 \cdot \text{CH}(\text{NH}_2) \cdot \text{COOH}$ ;
3. die  $\beta$ -Aminovaleriansäure,  $(\text{NH}_2) \text{CH}_2 \cdot (\text{CH}_2)_3 \cdot \text{COOH}$ ;
4. das Leucin ( $\alpha$ -Amino-Isocaproensäure),  $(\text{CH}_3)_2 \cdot \text{CH} \cdot \text{CH}_2 \cdot \text{CH}(\text{NH}_2) \cdot \text{COOH}$ ;
5. das Phenylalanin,  $\text{C}_6\text{H}_5 \cdot \text{CH}_2 \cdot \text{CH}(\text{NH}_2) \cdot \text{COOH}$ ;
6. die Asparaginsäure,  $\text{COOH} \cdot \text{CH}(\text{NH}_2) \cdot \text{CH}_2 \cdot \text{COOH}$ ;
7. die Glutaminsäure,  $\text{COOH} \cdot \text{CH}_2 \cdot \text{CH}_2 \cdot \text{CH}(\text{NH}_2) \cdot \text{COOH}$ ;
8. das Tyrosin ( $\beta$ -p-Oxyphenyl- $\alpha$ -aminopropionsäure),  $\text{OH} \cdot \text{C}_6\text{H}_4 \cdot \text{CH}_2 \cdot \text{CH}(\text{NH}_2) \cdot \text{COOH}$ ;
9. das Prolin ( $\alpha$ -Pyrrolidincarbonsäure),  $\text{NH} \begin{array}{l} \text{CH}(\text{COOH}) - \text{CH}_2 \\ \text{CH}_2 \text{ ————— } \text{CH}_2 \\ | \\ \text{CH}_2 \end{array}$ ;
10. das Oxyprolin,  $\text{NH} \begin{array}{l} \text{CH}(\text{COOH}) - \text{CH}_2 \\ \text{CH}_2 \text{ ————— } \text{CH}(\text{OH}) \end{array}$ ;
11. das Tryptophan (wahrscheinlich Skatolaminoessigsäure),  $\text{C}_6\text{H}_4 \begin{array}{l} \text{C}(\text{CH}_3) \\ \text{NH} \end{array} \text{C} \cdot \text{CH}(\text{NH}_2) \cdot \text{COOH}$ .

Dem Vortragenden gelang die Synthese einiger anderer Aminosäuren, nämlich des Serins, Ornithins und Arginins, sowie des Lysins, und da das Cystin in neuerer Zeit von Erlenmeyer jun. synthetisch dargestellt worden ist — seine Strukturformel ist  $\text{COOH} \cdot \text{CH}(\text{NH}_2) \cdot \text{CH}_2\text{S} - \text{SCH}_2 \cdot \text{CH}(\text{NH}_2) \cdot \text{COOH}$  —, so sind von den unter den Spaltungsprodukten der Eiweißstoffe gefundenen Aminosäuren nur noch das Histidin und die von dem Vortragenden selbst erst als Spaltungsprodukt des Kaseins beobachtete Diaminotrioxydodekansäure,  $\text{C}_{12}\text{H}_{26}\text{N}_2\text{O}_5$ , hinsichtlich des Aufbaues ihrer Molekeln aufzuklären.

Da sämtliche Aminosäuren ein asymmetrisches Kohlenstoffatom enthalten, existieren sie in zwei optisch aktiven und einer racemischen Form. Die Spaltung der letzteren in die beiden Komponenten — die in der Natur entstehenden Säuren sind immer optisch aktiv — war bisher nur in einzelnen Fällen gelungen, z. B. bei der Asparaginsäure mittels Vergärung durch *Penicillium glaucum*, wobei indes gerade die in der Natur vorkommende Form vom Pilz verzehrt wird. Wie der Verfasser fand, bilden die Benzoylderivate der Aminosäuren (also beim Glykokoli die Hippursäure) mit organischen Basen (Strychnin, Cinchonin etc.) gut kristallisierende Salze, mittels deren sich die Spaltung in die d- und l-Form in bekannter Weise ausführen läßt. Auch die Formylderivate eignen sich zu diesem Zweck.

Das im Jahre 1865 unter den Spaltungsprodukten des Seidenleims entdeckte Serin wurde durch aufeinander folgende Einwirkung von Ammoniak und Blausäure auf den aus

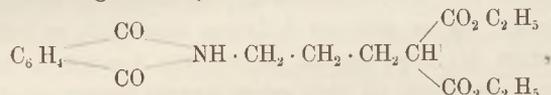
der Dioxymaleinsäure darstellbaren Glykolaldehyd gewonnen. Das gemäß der Gleichung



sich bildende Nitril liefert beim Verseifen das Serin, dessen Strukturformel demnach  $\text{OH} \cdot \text{CH}_2 \cdot \text{CH}(\text{NH}_2) \cdot \text{COOH}$  ist. Dasselbe Verfahren konnte auch auf Zuckerarten angewendet werden und lieferte z. B. bei der 1-Arabinose die 1-Glukosaminsäure,  $\text{CH}_2(\text{OH}) \cdot [\text{CH}(\text{OH})]_3 \cdot \text{CH}(\text{NH}_2) \cdot \text{COOH}$ , wodurch auch die Konstitution des 1- (und damit des

d-)Glukosamins festgestellt ist; sie ist  $\text{CH}_2(\text{OH}) \cdot \underset{\text{H}}{\overset{\text{OH}}{\text{C}}} \cdot \underset{\text{H}}{\overset{\text{OH}}{\text{C}}} \cdot \underset{\text{OH}}{\overset{\text{H}}{\text{C}}} \cdot \text{CH}(\text{NH}_2) \cdot \text{CHO}$ .

Das Ausgangsmaterial für die Synthese des Ornithins war der von Gabriel mittels seiner Phthalimidsynthese dargestellte  $\gamma$ -Phthalimido-propyl-malonsäureester,

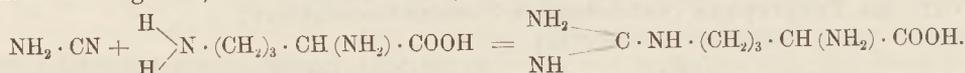


dessen Bromderivat bei der Behandlung mit Ammoniak das Brom gegen die Amidogruppe austauscht, wenn zuvor durch Verseifung die eine Carbäthoxylgruppe abgespalten, also die

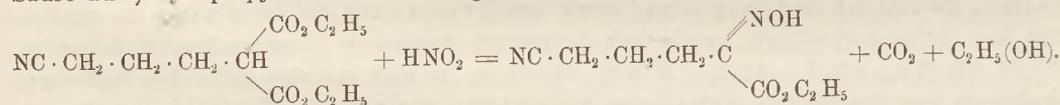
$\delta$ -Phthalimido- $\alpha$ -bromvaleriansäure,  $\text{C}_6\text{H}_4 \begin{array}{l} \diagup \text{CO} \\ \diagdown \text{CO} \end{array} \text{NH}(\text{CH}_2)_3 \cdot \text{CH Br} \cdot \text{COOH}$ , dargestellt ist.

Beim Behandeln mit starker Salzsäure scheidet sich dann das Ornithin ab, welches demnach als  $\alpha, \delta$ -Diaminoveraleriansäure,  $\text{NH}_2 \cdot \text{CH}_2 \cdot \text{CH}_2 \cdot \text{CH}_2 \cdot \text{CH}(\text{NH}_2) \cdot \text{COOH}$ , aufzufassen ist. Die Dibenzoylverbindung,  $\text{NH} \cdot (\text{CH}_2)_3 \cdot \underset{\text{CO} \cdot \text{C}_6\text{H}_5}{\overset{\text{CO} \cdot \text{C}_6\text{H}_5}{\text{C}}}(\text{NH}) \cdot \text{COOH}$ , heißt Ornithursäure; sie ist inzwischen

(mittels des Brucin- und Cinchoninsalzes) von Sörensen in die beiden optisch aktiven Formen zerlegt worden, von denen die rechtsdrehende im Harn von Hühnern gefunden worden war, die mit Benzoesäure gefüttert wurden. Dadurch gelang auch die Spaltung des synthetisch gewonnenen racemischen Ornithins. — Durch die Einwirkung von Cyanamid geht das Ornithin in Arginin, sein Guanidinderivat, über:



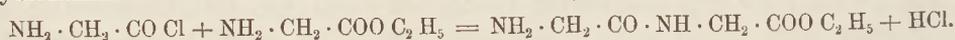
Das dem Ornithin homologe Lysin endlich wurde durch Einwirkung von salpetriger Säure auf  $\gamma$ -Cyanpropylmalonsäureester gewonnen:



Der so dargestellte  $\alpha$ -Oximido- $\delta$ -cyanvaleriansäureäthylester wird durch Natrium und Alkohol zu Lysin reduziert, welches demnach als  $\alpha, \epsilon$ -Diaminocaprinsäure,

$\text{NH}_2 \cdot \text{CH}_2 \cdot \text{CH}_2 \cdot \text{CH}_2 \cdot \text{CH}_2 \cdot \text{CH}(\text{NH}_2) \cdot \text{COOH}$ , anzusehen ist.

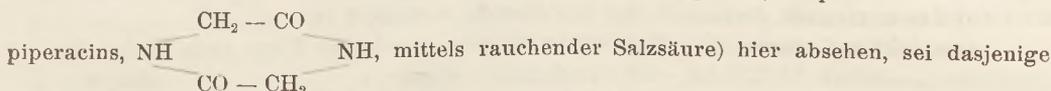
Aus diesen Aminosäuren gelang es nun einerseits, die äußerst reaktionsfähigen Ester (z. B. den Leucinäthylester,  $(\text{CH}_3)_2 \cdot \text{CH} \cdot \text{CH}_2 \cdot \text{CH}(\text{NH}_2) \cdot \text{COO C}_2\text{H}_5$ , und die bis dahin noch unbekanntenen Säurechloride (z. B. das Chlorid des Glykokolls,  $\text{NH}_2 \cdot \text{CH}_2 \cdot \text{CO Cl}$ ) darzustellen, und durch die Einwirkung dieser Verbindungen konnten die Reste zweier Aminosäuren in anhydridähnlicher Weise verbunden werden. Beim Glykokoll erhält man z. B. die Reaktion:



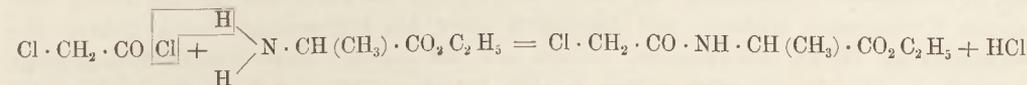
Nach dem Verseifen geht der so gewonnene Ester in das Glycylglycin,  $\text{NH}_2 \cdot \text{CH}_2 \cdot \text{CO} \cdot \text{NH} \cdot \text{CH}_2 \cdot \text{COOH}$ , über (der Rest  $\text{NH}_2 \cdot \text{CH}_2 \cdot \text{CO}$  heißt Glycyl). Durch Verkettung mehrerer derartiger Reste entstanden dann Verbindungen, die mit den Peptonen

unverkennbare Ähnlichkeit besitzen. Der Vortragende hat daher für diese Gruppe von Verbindungen den Namen Polypeptide eingeführt.

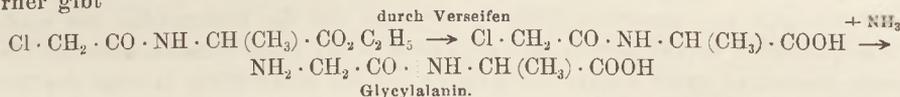
Indem wir von der ersten Darstellungsweise der Polypeptide (Aufspalten des 2·5-Diaci-



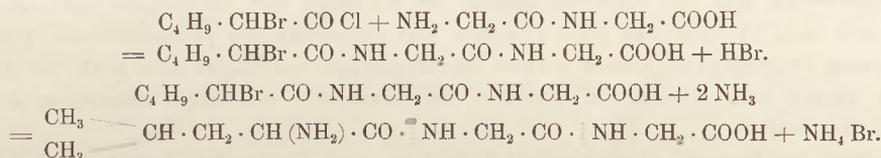
Verfahren geschildert, durch welches die meisten dieser interessanten Verbindungen gewonnen wurden. Es besteht in der Einwirkung eines halogenisierten Säurechlorids auf den Ester einer Aminosäure, vorsichtiges Verseifen des entstandenen Esters und Behandeln der halogenisierten Säure mit Ammoniak. So gelangt man z. B. von dem aus der Monochloressigsäure leicht darstellbaren Chloracetylchlorid und dem Ester des Alanins zum Glycylalanin:



und ferner gibt



Statt der Ester kann man auch die Salze der Aminosäuren verwenden. Läßt man auf die Lösung von (salzsaurem) Glycylglycin in Natronlauge abwechselnd z. B. das Chlorid der  $\alpha$ -Bromisocaprönsäure und Natronlauge einwirken, so scheidet sich nach dem Zusatz von Salzsäure das  $\alpha$ -Bromisocaprönylglycylglycin aus, welches beim Behandeln mit Ammoniak in das Leucylglycylglycin, also ein Tripeptid, übergeht:



Auf diese Weise konnten z. B. 5 Reste des Glykokolls zum Tetraglycylglycin verkoppelt werden, und weiter ist es, worauf hier wegen Raummangels nicht eingegangen werden kann, gelungen, die Kette auch an der Carboxylgruppe zu verlängern (z. B. durch die Darstellung des Säurechlorids  $\text{C}_4 \text{H}_9 \cdot \text{CHBr} \cdot \text{CO} \cdot \text{NH} \cdot \text{CH}_2 \cdot \text{CO} \text{Cl}$ , welches dann auf einen Aminosäureester einwirken kann). So sind bereits Heptapeptide synthetisch aufgebaut worden.

Diese Verbindungen zeigen nun bereits vollständig den Charakter der Peptone: ihre wäßrigen Lösungen schäumen beim Durchschütteln, besitzen einen bitterlichen Geschmack und haben den Doppelcharakter einer Säure und eines Amins, so daß sie einerseits Ester bilden, andererseits durch salpetrige Säure in bekannter Weise verändert werden. Sie werden — und zwar schon die Tripeptide — auf Zusatz von Alkali und Kupfersalz rot gefärbt (Biuretreaktion) und durch Phosphorwolframsäure weiß gefällt. Entscheidend für ihren peptonartigen Charakter ist aber ihre Spaltbarkeit durch das Ferment der Pankreasdrüse, die sich besonders deutlich zeigt, wenn man den mit etwas Darmsaft aktivierten Magensaichel aus der Pankreasdrüse des Hundes verwendet. Neben 14 auf diese Weise hydrolysierbaren Polypeptiden wurde eine gleich große Zahl nicht spaltbarer Polypeptide gefunden. Eine Untersuchung der Spaltungsprodukte konnte bisher wegen der geringen Menge des Beobachtungsmaterials nicht ausgeführt werden. Man ist nach dem Verhalten der Polypeptide zu dem Schlusse berechtigt, daß die Peptone und Albumosen Gemische derartiger Verbindungen sind, und daß die synthetische Darstellung der Bestandteile dieser Gemische nur noch eine Frage der Zeit sein kann. Auch die Synthese der Proteinsubstanzen erscheint dem Vortragenden als durchaus möglich, da es sich auch hier um Substanzen gleichen Charakters zu handeln scheint. Denn es ist ihm gelungen, die oben genannten Aminosäuren als Spaltungsprodukte nahezu aller Proteinsubstanzen nachzuweisen.

Aus der Kenntnis der Konstitution der Eiweißstoffe wird dann auch die Biologie den Nutzen ziehen, der ihr bisher trotz der Kenntnis der Struktur von Fetten und Kohlehydraten aus dem Grunde versagt bleiben mußte, weil die Umwandlung dieser Stoffe im Organismus stets auf das engste mit derjenigen der Eiweißstoffe verknüpft ist.

*Ann. bei der Korrektur.* Der Vortrag ist in sehr erweiterter Form auch in den *Ber. der Chemischen Gesellschaft XXXIX 530—610* veröffentlicht worden. *Böttger.*

### 3. Geschichte und Erkenntnislehre.

**Abhandlungen der Friesschen Schule<sup>1)</sup>.** Der im März 1905 ausgegebene Prospekt dieses neuen Unternehmens enthält die Schlußworte: „Die Naturphilosophie, vormals der Tummelplatz mythologischer Phantasien, hat durch Galilei und Newton eine für alle Zeiten feststehende Grundgestalt erhalten, und diejenigen unter den Philosophen, deren Lehren der mathematischen Physik widerstreiten, können nur das Ansehen ihrer eigenen Wissenschaft untergraben. Die Herausgeber halten es nicht für einen Zufall, daß die Begründung der neueren Philosophie von denselben Männern ausging, die die Reformation der mathematischen Wissenschaften herbeiführten; und sie halten es für einen bemerkenswerten Umstand, daß gerade diejenigen unter Kants Nachfolgern auf die spekulativen Irrwege der Romantik geraten sind, welche das von jenen zwischen den mathematischen und philosophischen Wissenschaften geknüpfte Band der Verwandtschaft zerrissen haben. Platon schrieb über seinen Hörsaal: Wer nichts von Geometrie versteht, bleibe draußen! Und so möchte man wohl mit noch weit größerem Recht unseren philosophierenden Zeitgenossen zurufen: Wer nichts von mathematischer Naturwissenschaft versteht, bleibe draußen! — Dabei verkennen die Herausgeber keineswegs, daß die Naturphilosophie die Aufgaben der Philosophie nicht erschöpft; sie sind sich wohl bewußt, daß jene Disziplin nur gleichsam den philosophischen Unterbau bildet, dessen Tragfähigkeit jedoch gerade die Hauptsorge desjenigen sein muß, der an dem Bau des darauf sich erhebenden Tempels der Ideenlehre mit Hand anzulegen sich das erhabene Ziel setzt.“

Treffen die hiermit angegebenen Ausgangs- und Zielpunkte bestens mit dem zusammen, was unsere Zeitschrift von jeher als philosophisch grundlegend und befruchtend auch schon für den naturwissenschaftlichen Unterricht angesehen hat und was im besonderen im ersten unserer philosophischen Sonderhefte „Zur gegenwärtigen Naturphilosophie“ (Sonderheft 2 des I. Bandes, April 1904) näher auszuführen versucht worden ist, so brauchen sich die Wege von jenem Ausgangs- zu jenem Zielpunkt freilich noch nicht im einzelnen zu decken mit dem gerade von den Herausgebern dieser „Abhandlungen“ in Aussicht genommenen Weg, auf dem sie sich Fries zum Führer gewählt haben. „Sie halten fest an dem von Kant gewiesenen Ziele, und sie glauben den Weg zu kennen, der zu diesem Ziele führt. Sie sind der Überzeugung, daß jenes (?) durch Kant aufgeworfene Rätsel [— es ist im Prospekt nicht namhaft gemacht — gemeint mag das von Apelt (I 103) formulierte und unten \* besprochene sein] seine Lösung bereits gefunden hat, und sie meinen im Besitz dieser Lösung zu sein. Ja sie sind überzeugt, daß die auf die wahre Auflösung dieses Rätsels gegründete Philosophie „als evidente Wissenschaft“ bereits unter uns lebt, wenn auch zurzeit nur von wenigen gekannt und von noch wenigeren verstanden. Kein anderer als Fries ist es, der . . . den von Kant in Grund gelegten Bau der philosophischen Wissenschaft seiner Vollendung entgegengeführt hat.“

<sup>1)</sup> Abhandlungen der Friesschen Schule. Neue Folge. Herausgegeben von GERHARD HESSENBERG, KARL KAISER und LEONARD NELSON. Göttingen 1904, Vandenhoeck u. Ruprecht. Erstes Heft: 190 Seiten. I. Die kritische Methode und das Verhältnis der Psychologie zur Philosophie. II. Über Begriff und Aufgabe der Naturphilosophie. III. Das Unendliche in der Mathematik. Zweites Heft: Seite 191—392. IV. Kant und Fries. V. Jakob Friedrich Fries und seine jüngsten Kritiker. VI. Über kritische Mathematik bei Platon. VII. Über den Gegenstand der Erkenntnis. VIII. Bemerkungen über die Nicht-Euklidische Geometrie und den Ursprung der mathematischen Gewißheit.

Nicht eine Nachprüfung des Verhältnisses von Kant und Fries und insbesondere der Frage, ob gerade das durch Fries geforderte und geleistete Plus an Psychologie die notwendige und hinreichende Ergänzung des KANTSCHEN Systems verspreche (in dieser Hinsicht verweisen wir auf die kurze Anzeige von MEINONGS „Untersuchungen zur Gegenstandstheorie und Psychologie“ [diese Ztschr. XVIII 1905, S. 113] und auf die ausführliche Anzeige in Ebbinghaus' Zeitschrift, Bd. 41, 1906) kann in unserer Zeitschrift stattfinden; der Unterzeichnete behält sich das für andere Gelegenheiten vor. Aber auch schon die folgenden Inhaltsangaben der drei spezifischen mathematisch-naturwissenschaftlichen Abhandlungen II., III., VIII. werden von dem guten Geiste zeugen, der aus den beiden vorliegenden Heften spricht.

I. Über Begriff und Aufgabe der Naturphilosophie von ERNST FRIEDRICH APELT (I, S. 91—134). Das hier Mitgeteilte bildet den ersten Abschnitt der von APELT 1842—43 gehaltenen Vorlesungen über Naturphilosophie, von denen bisher nur die Einleitung gedruckt war (von Hallier in seiner Kulturgeschichte des XIX. Jahrh. 1889). Die Einleitung stellt der Naturphilosophie Schellings Beispiele von wirklicher Naturwissenschaft gegenüber, vornehmlich aus der „von der Schellingschen Schule so sehr verachteten Mechanik des Himmels; . . . ein einziges Blatt der ‚Mond-Distanzen‘ in ENCKES astronomischem Jahrbuch hat einen ungleich größeren Wert als alle Philosopheme, welche, unfähig einen solchen Gegenstand in seiner hohen Wichtigkeit zu fassen, mit stolzer Verachtung auf ihn herabschauen“. Als Aufgabe der Vorlesungen wird die Verständigung über den Zusammenhang der Philosophie mit der Naturforschung bezeichnet. „Die Abhängigkeit der letzteren von der ersteren läßt sich nach drei verschiedenen Seiten hin verfolgen:

1. Einmal nämlich hat sich die ganze Aufgabe, der Natur durch Beobachtung und Experiment ihre Gesetze abzufragen, durch die Umbildung der Abstraktion aus der philosophischen Spekulation der Griechen entwickelt;

2. gibt die Philosophie der Naturforschung ihre methodischen Regeln, und

3. liegt aller Naturwissenschaft eine Metaphysik der Natur zugrunde, welche die höchsten konstitutiven Prinzipien der Naturlehre selbst bestimmt.“

Es sei gestattet, sogleich diese Thesen an der scheinbar entgegengesetzten zu prüfen, die in dem oben angeführten Sonderhefte 2 „Zur gegenwärtigen Naturphilosophie“ so formuliert wurde: „Zwischen Naturwissenschaft und Philosophie besteht nur ein einseitiges Abhängigkeitsverhältnis, so zwar, daß der unabhängige Teil die Naturwissenschaft ist und bleibt.“

Die hier behauptete und in meiner Abhandlung aus dem Verhältnis von Erkenntnispraxis und Erkenntnistheorie begründete Unabhängigkeit der Naturforschung steht aber in keinem unversöhnlichen Widerstreit mit der von Apelt behaupteten dreifachen „Abhängigkeit“. Von dieser ist die erste harmlos historisch; niemand wird behaupten wollen, daß man die experimentellen Methoden der gegenwärtigen Naturwissenschaften praktisch sich nur aneignen könne, wenn man ontogenetisch die „Umbildung“ aus der nahezu experimentlosen „Spekulation“ der Griechen an sich erlebt hat. An der zweiten These, daß „die Philosophie der Naturforschung ihre methodischen Regeln gibt“, stimmt nur das Wort „gibt“ nicht mit dem wirklichen Verhältnis; vielmehr hat sich die Naturforschung jederzeit selber ihre Regeln gegeben („Ihr stellt die Regel und folgt ihr dann“), und die Philosophie, speziell die Logik der Induktion, hat erst nachmals jene praktisch bewährten Regeln zum Gegenstand theoretischer Untersuchung gemacht. Auch beachte man, daß auch hier von „Philosophie der Naturforschung“ die Rede ist und nicht von „Philosophie der Natur“. Die dritte These, daß „aller Naturforschung eine Metaphysik der Natur zugrunde liege“, deckt sich ganz mit dem Programm von Kants „Metaphysischen Anfangsgründen der Naturwissenschaft“ und hat, solange man sich an das Wort „Metaphysik“ hält, alle Vorurteile gegenwärtiger „Antimetaphysiker“ gegen sich. Ich möchte aber bei diesem Anlaß zum erstenmal darauf aufmerksam machen, daß, was KANT (der ja doch auch in seiner Art ein „Antimetaphysiker“ war) mit „metaphysischen Anfangsgründen“ gemeint hat, wenigstens zu

einer Hälfte<sup>1)</sup> mit dem sich deckt, was wir nun mit dem MEINONGSchen Terminus als gegenstandstheoretische Durchleuchtung (Kantianer und Machianer würden lieber sagen „Kritik“) der von der mathematischen Physik unbesehen in ihr System aufgenommenen allgemeinsten, grundlegenden Begriffe zu nennen hätten; nämlich nicht mehr und nicht weniger als alles das, was sich „aus der Natur der (diesmal physischen) Gegenstände“, und in diesem Sinne a priori einsehen läßt. Keine Frage, daß Kant die Menge dessen zu groß geschätzt hat, was sich innerhalb der mathematischen Physik in diesem Sinne des Apriori (nicht in Kants eigenem, den er leider durch unbeabsichtigte Psychologismen entstellte hatte) anders als nur empirisch erkennen läßt. Wenn wir also auch APELT<sup>2)</sup> in der vorliegenden Abhandlung (wie in seiner Logik der Induktion) dem Apriori ab und zu etwas zu viel zutrauen sehen, so erinnere man sich, daß in jenen Jahrzehnten sogar ein Poisson das Kräfteparallelogramm a priori beweisen zu können geglaubt hat, hierzu keineswegs durch „Philosophen“ verleitet — so wenig wie einst Archimedes bei seinen Scheinbeweisen des Hebelgesetzes. An KANTS „M. A. d. N.“ (Vorrede) klingen auch die folgenden zwei Bedeutungen des Wortes an (S. 103): 1. „Natur eines Dinges . . . insofern sein Dasein und die Art seines Daseins durch allgemeine und notwendige Gesetze bestimmt ist“; 2. Natur = das Ganze der Sinneswelt. Apelt fährt fort: „Das Charakteristische im Begriff der Natur ist also die notwendige Gesetzmäßigkeit und die Abhängigkeit der Dinge von ihr. Nun kann aber offenbar nur das Wesenhafte an sich selbst und unabhängig von unserer Erkenntnis vorhanden sein. Das Gesetz ist . . . an und für sich nichts Wesenhaftes, was außer unserer Erkenntnis ein für sich bestehendes Dasein hätte, und dennoch ist in unserer Erkenntnis gerade das Gesetz das Unabhängige und Selbständige, von dem das Wesen der Dinge abhängt. Wir treffen hier auf ein seltsames und höchst sonderbares Rätsel in unserer Erkenntnis.“ (\*Hier also jenes „Rätsel“, das obige Stelle des Prospektes gemeint haben dürfte.) „Jenes Rätsel ist offenbar in der Natur unserer Erkenntnis begründet, und um dasselbe zu lösen, müssen wir uns an die Erforschung der Natur unserer Erkenntnis wagen.“ — So sehen wir uns also neuerdings von der „Philosophie der Natur“ an die „Philosophie der Naturwissenschaft“ gewiesen. (Daß und warum der Berichterstatte die KANTSche Subjektivierung des „Gesetzes“ nicht für die richtige Lösung des „Rätsels“ halten kann, ist angedeutet in dieser Ztschr. XVIII, S. 7 und Sonderheft 2, S. 111). — Die weiteren Abschnitte sind II. Das Gesetz der Spaltung der Wahr-

<sup>1)</sup> Daß die andere Hälfte „metaphysisch“ im KANTSchen wie im MEINONGSchen Sinne bleibt, geht hervor aus der Vorrede zu den M. A. d. N., Berliner Ausgabe, S. 469, Absatz 3.

<sup>2)</sup> Mach sagt in „Erkenntnis und Irrtum“ (Vorwort): „Hochverdienten Männern, wie J. F. FRIES und E. F. APELT, denen manche Teile der naturwissenschaftlichen Methodik so ausgiebige Förderung verdanken, ist es nicht gelungen, sich von vorgefaßten philosophischen Ansichten ganz zu befreien. Diese Philosophen, wie selbst der Naturforscher WHEWELL, sind durch ihre Anhänglichkeit an KANTSche Gedanken zu recht wunderlichen Auffassungen sehr einfacher naturwissenschaftlicher Fragen gedrängt worden.“ Ferner S. 135: „APELT . . . sagt trefflich: ‚Das zusammengesetzte Besondere steht immer früher vor unserem Bewußtsein als das einfachere Allgemeine. In den abgesonderten Besitz des letzteren kommt der Verstand immer erst durch Abstraktion. Die Abstraktion ist daher die Methode der Aufsuchung der Prinzipien.‘“ Dann aber: „Wie und wann GALILEI . . . auf das Trägheitsgesetz . . . gekommen sein mag, so ist doch so viel gewiß, daß die Erkenntnis dieses Gesetzes nicht, wie WHEWELL zu zeigen sich bemüht, der Induktion, sondern der Abstraktion ihren Ursprung verdankt.“ . . . „APELT scheint das Trägheitsgesetz selbstverständlich (!), es leuchtet von selbst ein, wenn man den ‚richtigen‘ Begriff von Materie mitbringt, deren Grundeigenschaft die ‚Leblosigkeit‘ ist, welche Veränderung durch andere als ‚äußere Einwirkung‘ ausschließt.“ Ferner: „Das Verdienst . . . den Grundsatz der Relativität aller Bewegung zuerst erkannt zu haben, gebührt GALILEI. Und wie und wodurch hat er es erkannt? Nicht durch einen Beweis aus Tatsachen, sondern durch bloßes Nachdenken über die Natur der Bewegung (!) und über das Verhältnis unserer Beobachtung der Bewegung zum Raum (!).“ . . . — Hier bemerke ich (H.) zum vorletzten (!)-Zeichen, daß ich bisher immer den Eindruck gehabt hatte, daß auch MACH seine feste Überzeugung von der Relativität aller Bewegung unmittelbar „aus der Natur der Bewegung“ gewonnen habe; keineswegs glaubte er die Möglichkeit künftiger Erfahrungen von einer absoluten Bewegung offen lassen zu sollen, sondern diese gilt ihm unmittelbar und a priori für absurd.

heit (1. Trennung des äußeren und inneren Sinnes, 2. Unterschied von Sinnesanschauung und mathematischer Anschauung, 3. Hylologie und Morphologie, 4. Unterschied von Theorie und Ästhetik). III. Einteilung der Naturwissenschaften und Stellung der Naturphilosophie in diesem Ganzen. — Wir machen nur zu einigen Punkten Bemerkungen: Der Gegensatz von „Morphologie“ und „Hylologie“ deckt sich ganz mit dem von „Beschreiben“ und „Erklären“, und zwar ist innerhalb der Mechanik „Morphologie“ = Phronomie, „Hylologie“ aber das Hinzutreten der Masse. („Wir finden, daß die Masse das Wesen der Körperwelt ist.“) . . . „Das Charakteristische der Metaphysik des ARISTOTELES und der Scholastiker besteht gerade darin, daß sie die morphologische Weltansicht nicht nur als selbständig, sondern auch als alles umfassend ansieht.“ Es ist fast belustigend, hienach das KIRCHHOFFSche „Nur beschreiben“ in die — Scholastik einrücken zu sehen. — Ferner: „Die Naturgesetze gehören der hylologischen Weltansicht an. Bilder aus der Welt der Farben und Töne können daher nie zum Erklärungsgrund für Naturerscheinungen und Naturprozesse dienen. Darin liegt der Irrtum der alten Lehre von der Sphärenharmonie sowie von Goethes Farbenlehre.“ — Man sieht, wie sehr die Probleme, die die neueste „Naturphilosophie“ unter Schmerzen (und Scherzen!) erst geboren zu haben meint, schon vor sechzig Jahren an der Tagesordnung waren. — Mutet uns dabei auch z. B. die „Einteilung der Naturwissenschaften“ ein bischen altväterisch an, so möchte es in allem doch das Wahrscheinlichste sein, daß auch wir erst eine Periode, in der es sich die „Naturphilosophie“ leichter macht, als sich's unsere Großväter gemacht hatten, werden überwunden haben müssen, bis die Aufgabe wirklich geleistet ist, von der APELT im letzten Satz der vorliegenden Abhandlung sagt: „Newtons Mathematische Prinzipien der Naturphilosophie sind . . . zum Gesetzbuch der Naturwissenschaften für alle kommenden Zeiten geworden. Den rein philosophischen Teil der Wissenschaft hat aber erst später Kant bearbeitet und von seiten der Metaphysik her durch seine großen philosophischen Entdeckungen ins Klare gebracht. Fries hat alsdann in seiner mathematischen Naturphilosophie mehrere wesentliche Mängel der Kantischen Spekulation verbessert und gezeigt, wie die Philosophie KANTS mit der Mathematik Newtons zusammenhängt.“ —

II. Das Unendliche in der Mathematik von GERHARD HESSENBERG. Auf diese Abhandlung darf und muß an dieser Stelle nur insoweit aufmerksam gemacht werden, als angesichts der gegenwärtigen Bewegung, die Infinitesimalrechnung dem mathematischen, ganz besonders aber auch physikalischen Unterricht zugänglich zu machen (wie ich jetzt vor einem Jahr ausführlich begründet habe in der Abhandlung: „Das Mathematische im physikalischen Unterricht“, diese Ztschr. XVIII 1 ff.), die knappe und überaus sorgfältige Darstellung der Schwierigkeiten, die die moderne „kritische Mathematik“ im Begriff des Unendlichen gefunden hat, jedem Lehrer willkommen sein wird. Dies natürlich vor allem zu seiner eigenen Orientierung, damit er leicht vermeidliche Ungenauigkeiten im Sprach- und Begriffsgebrauch sich nicht zuschulden kommen läßt. Aber auch für den unmittelbaren Gebrauch im Unterricht werden einige einfache numerisch durchgeführte Beispiele willkommen sein, in denen der eigentliche Sitz der Schwierigkeiten aufgezeigt wird, z. B.: „In  $(2x - 3)/(x - 7)$  ist unter  $x$  niemals 7 zu verstehen!“ (wobei es vielleicht noch strenger wäre zu sagen: es bleibe offen, ob auch 7).

III. Bemerkungen über Nicht-Euklidische Geometrie und den Ursprung der mathematischen Gewißheit von LEONHARD NELSON. Auch an dieser Abhandlung ist der Unterricht in ähnlichem Sinne interessiert wie an der vorigen, wenn sich z. B. die Forderung eines Redners auf der Jahresversammlung des „Vereins zur Förderung des mathematischen und naturwissenschaftlichen Unterrichts“, Jena 1905, durchsetzen sollte, daß man unseren Abiturienten die Nicht-Euklidische Geometrie nicht mehr vorenthalten dürfe. Abgesehen von solchen künftigen Nutzenwendungen sei aber auch diese Abhandlung dem Lehrer empfohlen als eine sehr klar und knapp gefaßte Darstellung der Ausgangsfragestellung der modernen kritischen Geometrie (und Arithmetik), sodann aber wegen des überraschenden Resultates: „Soweit sich überhaupt die Angelegenheiten der Nicht-Euklidischen

Geometrie mit denen der Kantischen Lehre berühren, nämlich in bezug auf Kants Entdeckung des nicht-logischen Ursprungs der Axiome, so können wir behaupten, daß die neuere Mathematik auf einem unabhängigen Wege eine glänzende Bestätigung der Kantischen Entdeckung geliefert hat.“ Natürlich müßte innerhalb einer Beurteilung der ganzen Beweisführung viel mehr von Mathematik und Philosophie zur Sprache kommen als diesen Blättern gestattet ist. Dennoch sind sie unmittelbar interessiert sogleich an der ersten (dem Aristoteles zugeschriebenen) Nebeneinander- und Gegenüberstellung von „Erfahrung“ und „Logik“, die Kant durchbrochen habe durch ein Drittes, seine „reine Anschauung“. Lassen wir dieses dritte Glied einstweilen beiseite, so bedürfen auch die beiden ersten Schlagwörter noch gar sehr der Ausdeutung, bis sie für die Erkenntnistheorie einen festen Sinn bekommen. Vielleicht kann sich aber für die Abgrenzung der „Logik“ (im eigentlichen Sinne als philosophischer Disziplin, wie in jenem übertragenen, in dem man sie überhaupt erst der Erfahrung und dann auch der reinen Anschauung gegenüberstellen kann) das Auseinanderhalten folgender zwei Wörter nützlich machen: Widerspruch und Widerstreit; nämlich so: Widerspruch bestehe ausschließlich z. B. zwischen Blau und Nichtblau, allgemein zwischen Ja und Nein; Widerstreit dagegen z. B. Blau und Grün, allgemein zwischen jederlei Unverträglichem. Mit Recht beruft sich dann Kant für seine analytischen Urteile auf den Satz des Widerspruches. Alle anderen Urteile nennt Kant aber sogleich synthetisch und hat hierfür kein positives Merkmal anzuführen, sondern selbst wieder das rein negative, daß sie eben „nicht analytisch“ seien. Da nun aber jenes Analytische nur die denkbar armseligste Art von Einsicht, nämlich Tautologie gewährleistet — sollte da jene Klasse des Synthetischen, auf die uns Kant so sehr neugierig macht, überhaupt den logischen Vorbedingungen einer guten Klassenbildung entsprechen? Ein Gleichnis: Ein Philosoph stelle sich die sehr allgemeine Aufgabe, das Entstehen der Dinge zu erklären. Er beginnt damit, daß er uns zeigt, wie der Taschenspieler Taschenuhren, Goldfische u. dergl. dadurch „entstehen“ läßt, daß er sie schon vorher dort hineingesteckt hat, von wo er sie nachmals herauszieht; und nun meint der Philosoph jenes allgemeine Problem schon halb gelöst zu haben durch folgende Zuspitzung: Wie ist ein Entstehen möglich, wo kein Taschenspieler am Werke war? Um nichts besser ist die Frage: „Wie sind synthetische Urteile a priori möglich“, solange „synthetisch“ ein bloß negativer Begriff (also von unendlichem Umfange) bleibt. So ist denn z. B. auch schon das Urteil „Blau ist von Grün verschieden“ eines, auf das die negative Definition Kants von dem synthetischen Urteile a priori durchaus paßt (synthetisch ist es, weil es nicht analytisch ist, wie ja Grün nicht erschöpft ist durch Nicht-Blau); und daß es a priori ist, hat soeben MEINONG ausführlich gezeigt im Sonderheft 6 dieser Ztschr. („Die Erfahrungsgrundlagen des Wissens“). Solange aber nicht gezeigt ist, daß wir dem Urteil „Blau ist von Grün verschieden“ zuliebe eine „reine Farbenanschauung“ annehmen müssen, werden wir auch nicht um eines und nicht um aller geometrischen Urteile willen eine „reine Raumanschauung“ anzunehmen brauchen. — Nun könnte es scheinen, als sei angesichts einer solchen grundsätzlichen Meinungsverschiedenheit keinerlei Verständigung mit der vorliegenden Abhandlung möglich; zum Glück ist das aber keineswegs der Fall. Vielmehr seien die scharfsinnigen Unterscheidungen z. B. auf S. 387, wo ein zweifacher Gebrauch des Wortes „unmöglich“ unterschieden wird, und wo der Verf. ganz absichtslos, aber sachgemäß neben dem Wort Widerspruch auch das Wort Widerstreit gemäß dem oben empfohlenen Unterschied verwendet, allgemeiner Beachtung empfohlen. Wenn der Nicht-Euklidischen Geometrie nur „logische“ Möglichkeit, d. h. Widerspruchlosigkeit zugeschrieben, dagegen die „Gültigkeit“ den Euklidischen Axiomen vorbehalten wird, so dürfte diese Entscheidung den meisten Nicht-Euklidikern als zu konservativ erscheinen; denn immerhin bleibt die Frage stehen, woher wir diese Gültigkeit und gar die Allein-Gültigkeit wissen, trotz der psychologisch begrenzten Unterschiedsempfindlichkeit unseres (nur des „unreinen“) Raumsinnes; z. B. die nur „logische Möglichkeit“, aber mathematische „Ungültigkeit“ (also doch auch Unmöglichkeit?) von zwei Parallelen, die etwa  $10^{-6}$  Winkelsekunden einschließen? — Doch darüber und über vieles andere an anderem Ort.

Noch einmal sei das vorliegende junge Unternehmen allen irgendwie philosophisch interessierten Lesern unserer Zeitschrift wärmstens empfohlen; auch schon deshalb, weil es an den schlichtehrlichen Bemühungen eines halbvergessenen Philosophen, und nicht geblendet durch „glänzende Namen“, vielmehr solchem Blendwerk einmal gründlich heimleuchtend, eine ganze Reihe allermodernster Scheinphilosopheme mißt, die, wie wenig sie auch den Naturforscher anzugehen scheinen, dennoch das Haupthindernis dafür bilden, daß es mit der Wiedergewinnung des Vertrauens der Naturforscher zur wissenschaftlichen Philosophie nicht rascher vorstatten gehen will, und die es mit verschulden, daß man lieber sein Vertrauen noch einmal an allerlei wildwüchsige „Naturphilosophie“ verschwendet. — Nicht unerwähnt bleibe auch die wahrhaft vornehme Ausstattung der zwei vorliegenden Hefte, die man mit der Stattlichkeit französischer Bücher mathematisch-naturwissenschaftlichen Inhaltes aus dem XVIII. Jahrhundert vergleichen möchte.

A. Höjler.

#### 4. Unterricht und Methode.

**Der physikalische Unterricht auf der Unterstufe.** Unter diesem Titel hat E. GRIMSEHL eine Reihe von Aufsätzen in der Zeitschrift „Die Lehrmittel der deutschen Schule“ (1904 Nr. 1, 2, 3, 8; 1905 Nr. 4—7) veröffentlicht. Der Titel führt leicht irre, da sich die Darlegungen nicht auf den Unterkursus der höheren Lehranstalten, sondern auf den abschließenden elementaren Kursus der Realschulen und der Volksschulen beziehen. Es werden die Elektrizitätslehre und die Mechanik behandelt; dabei werden sowohl die für diese Gebiete zu benutzenden Apparate der Kritik unterzogen als auch didaktische Anleitungen gegeben. Aus den Bemerkungen des Verfassers über das, was er für notwendig und für nicht notwendig oder geradezu überflüssig und schädlich hält, geht von neuem hervor, wie diskussionsbedürftig die Gesichtspunkte sind, die für die Lösung solcher allgemeinen, die gesamte Gestaltung des Unterrichts angehenden Fragen in Betracht kommen.

In der Elektrostatik verwirft der Verfasser alle Demonstrationen, die nur in Knalleffekten bestehen oder der Befriedigung der Schaulust dienen. So lehnt er das Durchbohren von Glas, die elektrische Pistole und die Entzündung von Schwefeläther ab, er verurteilt nicht mit Unrecht den elektrischen Puppentanz, das elektrische Glockenspiel u. s. w.; er wirft aber auch den Isolierschemel in die Rumpelkammer, er will von Elektrophor und Influenzmaschine nichts wissen und bezweifelt, daß letztere selbst auf der Oberstufe zu behandeln sei. Wir stellen dem die Behauptung gegenüber, daß jeder von diesen Gegenständen, an der richtigen Stelle und in der richtigen Weise benutzt, für den Unterricht förderlich sein kann. Für den Elektrophor sei auch bei dieser Gelegenheit bemerkt, daß er ein zu brauchbares Beispiel für die Influenzwirkung bildet, als daß man ihn so schlechthin verwerfen dürfte; daß hier wie überall noch Probleme übrig bleiben, dies wird der Unterricht nicht zu verschweigen brauchen, ja im Gegenteil hieraus ein Gegengewicht gegen die Überschätzung des bereits Erkannten entnehmen. Die Influenzelektroskopmaschine ist heute — auch in den Händen der Schüler — viel zu verbreitet, als daß sie einfach übergangen werden dürfte; auch bei ihr darf getrost den Schülern gesagt werden, daß die vollständige Erklärung noch mit Schwierigkeiten verknüpft ist. Der Isolierschemel ist darum nicht unwichtig, weil er zu demonstrieren ermöglicht, daß auch der menschliche Körper sich wie ein Konduktor verhält, und daß beim Reiben stets beide Arten von elektrischer Ladung auftreten. Andererseits ist zuzugeben, daß diese Dinge nicht als obligatorisch anzusehen sind und daß da, wo es an Zeit fehlt (wie namentlich in dem elementaren Kursus der Volksschule) davon besser Abstand genommen wird.

Bei der Anordnung des vom Verfasser zugelassenen Unterrichtsstoffes hat er sich von ähnlichen Gesichtspunkten leiten lassen. Er will das Elektroskop erst nach der Durchnahme der Influenz angewandt wissen, weil das Elektroskop schon vor der Berührung mit dem zu prüfenden Körper einen Ausschlag zeigt, „den die aufmerksamen Schüler wohl beobachten, und den man nicht verschweigen darf“. Ebenso will er die Reibungselektroskop-

maschine nicht vor der Demonstration der Spitzenwirkung benutzen. Ich halte dem folgendes entgegen. Während im mathematischen Unterricht alles in wohlgeordneter logischer Folge vom Einfachsten zum Zusammengesetzten dargeboten werden muß, handelt es sich im physikalischen fast immer um komplizierte Vorgänge, aus denen wir willkürlich zunächst einzelne Teilvorgänge für die Betrachtung herausheben, andere zurückstellen. Es entspricht dem Gange des Naturerkennens und erhöht andererseits den Reiz des Unterrichts, wenn man nicht zu ängstlich die gelegentliche Einnischung anderer als der bereits besprochenen Erscheinungen zu vermeiden sucht. Man stelle das Spreizen der Blättchen bei bloßer Annäherung als ein Problem hin, das später genauer untersucht werden soll; ebenso die Spitzenwirkung bei der Reibungselektroskopmaschine; dann wird nachher das Interesse unmittelbar rege sein, und man wird an jene früher beiseite gelassenen Beobachtungen anknüpfen können. Der Verfasser ist übrigens selbst nicht für konsequente Durchführung seines Prinzips; er empfiehlt z. B. bei der Einleitung in den Galvanismus, wo Starkstrom vorhanden ist, von vornherein diesen zu benutzen; wenn man sich aber selbst auf das Volta-Element beschränken wollte, hätte man die chemische Energieumsetzung im Element, die die Ursache des Stromes ist, zunächst unerört zu lassen.

Daß im übrigen die experimentellen wie die didaktischen Ratschläge des Verfassers meist vortrefflich sind, bedarf keines eingehenden Nachweises. Zur Orientierung unserer Leser deuten wir das Wichtigste davon kurz an. Für die einleitenden elektrostatischen Versuche wird ein Kügelchen benutzt, das mit einem langen Seidenfaden an der Decke aufgehängt ist; hierdurch wird der oft störende Gebrauch eines Stativs vermieden. Für die Influenzversuche wird ein zylindrischer Körper mit zwei Seidenfäden an der Decke aufgehängt und nach Annäherung des influenzierenden Körpers mit der Probekugel untersucht. Von Elektroskopen werden zwei gleiche möglichst empfindliche empfohlen, deren Gehäuse leitend sein muß. Mit diesen wird die Verschiedenheit der Kapazität nachgewiesen, indem man sie mit verschiedenen großen Konduktoren verbindet, denen man mit zwei gleichen vorher berührten Probekugeln gleiche Ladungsmengen mitteilt. Es folgt der Nachweis der Abhängigkeit des Elektroskopausschlags von der Annäherung eines anderen Körpers an den mit dem Elektroskop verbundenen, und die Anwendung hiervon auf Kondensator, Franklinische Tafel und Leidener Flasche. Zur Demonstration der Spitzenwirkung wird erst die Dichte auf zwei verschiedenen großen miteinander verbundenen Kugeln untersucht, dann zwei gleiche Kugeln, von denen eine mit einer Nähnadelspitze versehen ist, gleich stark geladen und der elektrische Zustand beider mit einer Probekugel verfolgt. Daß die Ladung nur auf der Oberfläche ihren Sitz hat, wird auf bekannte Weise gezeigt.

Im Galvanismus (nicht ganz zutreffend als Elektrodynamik bezeichnet) legt der Verfasser vielleicht zu großes Gewicht auf die eingehende Durchführung der Analogieversuche mit Wasser- und Luftströmen, die er ausführlich beschreibt. Das Ohmsche Gesetz sieht er als einen Kernpunkt des Unterrichts auch auf der Unterstufe an und leitet die darauf bezüglichen Versuche ein durch den Nachweis des Spannungsabfalles längs eines Holzstabes, der eine geladene und eine ungeladene Leidener Flasche verbindet. Den Voltaschen Fundamentalversuch verwirft der Verfasser, dagegen weist er die elektrische Differenz der Pole eines Volta-Elements an einem Kondensatorelektroskop nach (ds. Zeitschr. XVI 12). Er gibt auch an, wie man sich selbst eine kleine Batterie aus zehn solchen Elementen herstellen kann. Zur Beurteilung der Stromstärke empfiehlt er dringend, zunächst die Wärmewirkung des Stromes zu benutzen. Ein Lamettafaden kann als Hitzdrahtinstrument (ds. Zeitschr. XVI 282) dienen; man zeigt damit, daß die Stromstärke abhängt von Länge, Querschnitt und Material des verbindenden Drahtes, von der Größe und Entfernung der Metallplatten im Element und von der Größe der durch die Art der Metalle bedingten Spannungsdifferenz des offenen Elementes. Es wird dann das Ohm empirisch definiert und demonstriert, die Abhängigkeit des Widerstandes von Länge und Querschnitt sowie von der Temperatur (bei Eisendraht) vorgeführt. Das Volt wird ebenfalls empirisch als Spannungsdifferenz zwischen Kupfer und Zink in verdünnter Schwefelsäure definiert.

[Hier wäre doch wohl richtiger zu sagen, daß das Volt eine theoretisch definierte Größe ist, der die E.M.K. des Volta-Elements nur zufällig nahe kommt.] Als Element für den Schulgebrauch hält der Verfasser nur das Daniellsche Element für geeignet und empfiehlt für Selbsterstellung die Krügersche Form, bei der eine Bleiplatte (mit Bleistab) auf den Boden des Gefäßes gebracht und mit Kupfervitriolkristallen bedeckt wird, während in die darüber stehende verdünnte Schwefelsäure ein Ring aus Zink gehängt wird.

Das Ampere endlich wird durch die Einheiten Ohm und Volt gemäß dem Ohmschen Gesetz definiert und durch einen Versuch demonstriert, bei dem ein Volta-Element von sehr geringem inneren Widerstand durch einen Nickelindraht von 1 Ohm geschlossen wird; bei einem Nickelindraht von doppelter Länge tritt eine weit geringere Erhitzung ein. Mit größeren Akkumulatoren lassen sich solche Versuche noch bequemer anstellen und führen wenigstens zu einem Verständnis des Ohmschen Gesetzes, was für diese Stufe als genügend anzusehen ist. Die Veränderung der Platten im Volta-Element gibt darauf Anlaß zur genaueren Betrachtung der chemischen Vorgänge im Element (vgl. ds. Zeitschr. XV 293). Dann erst geht der Verfasser zu den magnetischen Wirkungen des Stromes über. Hier wird zur Einleitung ein überaus demonstrativer Versuch über die Wirkung des Stroms auf einen Magnetpol angegeben. In einer Fußklemme ist ein Messingstab von etwa 50 cm Länge aufgerichtet, um den eine an der Decke aufgehängte, vertikal schwebende Stricknadel, deren Mitte mit dem oberen Ende des Drahtes in einer Höhe liegt, rotieren kann. Schließt man vorübergehend den Strom durch Zuleitung zum oberen Ende des Stabes, so bewegt sich die Stricknadel in kreisförmiger Bahn um den Messingstab. Vorher schon waren die Kraftlinien, die den Leiter umgeben, durch Eisenfeile sichtbar gemacht, nun werden die Wirkungen eines Kreisstromes auf eine Magnetnadel vorgeführt und der Elektromagnetismus besprochen. Indem man den Anker eines hierbei benutzten Elektromotors mit der Hand dreht, weist man die Entstehung von Induktionsströmen nach, dann werden die Kraftlinien im magnetischen Felde eingehender untersucht und die Gesetze für Induktionsströme in geradlinigen und in geschlossenen Leitern experimentell entwickelt. Daran schließt sich die Erläuterung der magnetelektrischen Maschinen und des Dynamoprinzips; endlich der Induktionsapparat und das Telephon. —

Für die Mechanik empfiehlt der Verfasser zur Einleitung messende Versuche über Volumen und Gewicht. Als spezifisches Gewicht definiert er das Gewicht von 1 ccm des Körpers ausgedrückt in Grammen. Es folgt ein einfacher Versuch zur Gewichtsbestimmung der Luft. Zur Messung der Zeit wird neben der Uhr und dem Pendel auch die schwingende Stimmgabel eingeführt; durch Schreibenlassen auf eine berußte Glasplatte von einem bis zum nächsten Pendelschlage soll sich eine befriedigende Bestimmung der Schwingungszahl ausführen lassen. Die Mechanik wird nicht in Statik und Dynamik, sondern in Phronomie und Dynamik eingeteilt. In der Phronomie wirft der Verfasser eine merkwürdige Frage auf, indem er behauptet, es sei gleichgültig, ob man den Quotienten  $s/t$  oder  $t/s$  als Geschwindigkeit definieren wolle. [Dies träfe nur zu, wenn man von der populären (vorwissenschaftlichen) Bedeutung des Wortes Geschwindigkeit absehen dürfte]. Auf Widerspruch wird auch die Behauptung stoßen, es gebe in der Natur und im praktischen Leben so viele gleichförmige Bewegungen (Radfahrer, Straßenbahn, Eisenbahn, Wind), daß man nicht nötig habe, im Unterricht die experimentell schwierige Darstellung einer gleichförmigen Bewegung vorzunehmen. Für die Fallbewegung empfiehlt der Verfasser wie auch in dieser Zeitschrift (XVI 90) wirkliche Versuche mit frei fallenden Körpern, zur Ableitung der Beschleunigung des freien Falles aus Versuchen auf der schiefen Ebene benutzt er eine schmale Spiegelglasplatte von  $1\frac{1}{2}$  bis 2 m Länge, auf der er einen schweren Wagen mit möglichst leichten Rädern herabrollen läßt. Für das Parallelogramm der Bewegungen und die Wurfbewegung werden die in dieser Zeitschrift beschriebenen Vorrichtungen (XVII 257) und die Eureka pistole sowie ein Wasserstrahl verwendet.

## 5. Technik und mechanische Praxis.

**Eine rotierende Schlauchpumpe ohne Ventile.** Von K. PRYTZ. (*Zeitschr. f. Instrumentenk.* 25, 193; 1905.) Bei dieser Pumpe ist ein gewöhnlicher, auf einem starken leinenen Band festgeklebter Kautschukschlauch so um einen mit Rillen versehenen Zylinder straff herumgelegt, daß er etwas mehr als eine Windung um den Zylinder bildet. Die Schlauchenden  $H$  und  $V$  (Fig. 1) sind durch Öffnungen im Zylindermantel nach innen geführt und können von da aus an Röhren und Behälter angeschlossen werden. Ein um die Zylinderachse drehbarer Arm, der mit einem um dieselbe Achse drehbaren Treibrade verbunden ist, hält eine Rolle  $R$ , die sich gegen den Schlauch drücken läßt. Wird das Treibrad mit der Hand oder mittels Schnurlaufes bei angedrückter Rolle in Umdrehungen versetzt, so schiebt die Rolle das den Schlauch erfüllende Fluidum vor sich hin oder zieht es hinter sich her. Durch Umkehrung der Drehrichtung wird auch die Stromrichtung des Fluidums umgekehrt.

In einen geschlossenen, gaserfüllten Röhrenkreis eingeschaltet, erhält die in Gang gesetzte Schlauchpumpe das Gas in beständiger Zirkulation. Handelt es sich um atmosphärische Luft, so bringt man Absorptionsröhren für Stickstoff, Sauerstoff, Wasserdampf und Kohlen-

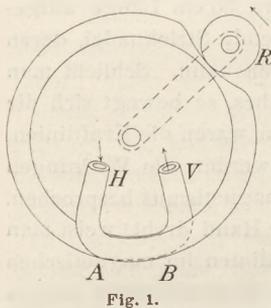


Fig. 1.

säure in dem Röhrenkreise an und behält, wenn die Luft hinreichend lange zirkuliert hat, die Edelgase der Atmosphäre übrig. Befindet sich in dem Röhrenkreise eine Flüssigkeit enthaltende Flasche, so wird die Gasmenge bei der Zirkulation fortdauernd durch die Flüssigkeit getrieben. Dieses Verfahren läßt sich bei der Untersuchung der Radioaktivität von Quellwässern anwenden. Um Gase aufzufangen, die durch eine Flüssigkeit aufsteigen, verbindet man die Schlauchpumpe mit einem umgekehrt in die Flüssigkeit hineingesetzten Trichter und einem mit Wasser gefüllten Behälter. Bei passend angebrachten Hähnen läßt sich mittels der Schlauchpumpe das Wasser aus dem Behälter herausaugen, so daß das Gas nachströmt und alles Wasser aus dem Behälter verdrängt. Auf diese Weise können Proben der Gase von heißen Quellen entnommen werden, um etwa ihre Radioaktivität zu untersuchen.

Die Schlauchpumpe läßt sich außerdem als Evakuations- und Kompressionspumpe verwenden; sie kann insbesondere dazu dienen, eine Quecksilberluftpumpe, wie die vom Verf. konstruierte Quecksilberfall-Luftpumpe (Fig. 2), selbsttätig zu machen, indem man sie durch einen elektrischen Motor in langsamen Gang versetzt und dadurch das Quecksilber der Fallpumpe in steter Zirkulation erhält. Sie stellt ferner zwischen zwei Behältern eine Verbindung her, die es zuläßt, eine in dem einen Behälter befindliche Flüssigkeit, unabhängig von dem vorhandenen Druckunterschied, zu transportieren oder in Ruhe zu lassen; sie dient zum Messen des Volumens von Gasen und Flüssigkeiten, von denen sie bei jedem Umlauf dieselbe Menge bei ungeändertem Druck aufnimmt (die Anfangs- und Schlußstellung der Rolle wird durch eine Teilung mit Zeiger abgelesen), und bei gelöster Rolle bildet die Schlauchpumpe eine gewöhnliche Verbindung zweier Behälter. In ähnlicher Weise findet die Schlauchpumpe vielfache Anwendung als Hilfsapparat. Angefertigt wird die Pumpe von R. Fueß in Steglitz bei Berlin.

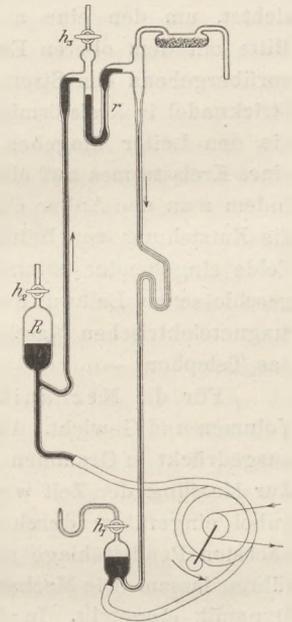


Fig. 2.

## Neu erschienene Bücher und Schriften.

**Die Fortschritte der Physik im Jahre 1904.** Dargestellt von der Deutschen physikalischen Gesellschaft. 60. Jahrgang. I. Abteilung: Allgemeine Physik, Akustik, physikalische Chemie, redigiert von K. Scheel, L und 765 S. M 30,—. II. Abteilung: Elektrizität und Magnetismus, Optik des gesamten Spektrums, Wärme, redigiert von K. Scheel, LII und 810 S. M 32,—. III. Abteilung: Kosmische Physik, redigiert von R. Aßmann, LXIV und 638 S. M 26,—. Braunschweig, Friedrich Vieweg und Sohn, 1905.

Das wertvolle Werk sei wiederum allgemeiner Beachtung empfohlen. Von der Reichhaltigkeit dürfte es eine Vorstellung geben, daß z. B. über Elektrizitätsleitung in Gasen 146 Berichte, über Radium nebst Polonium und Tellur 173 Berichte vorliegen, wozu noch ein umfangreiches Literaturverzeichnis der sonstigen Veröffentlichungen aus den genannten Gebieten hinzukommt. P.

**Die Physik auf Grund ihrer geschichtlichen Entwicklung** für weitere Kreise in Wort und Bild dargestellt von Paul La Cour und Jakob Appel. Autorisierte Übersetzung von G. Siebert. Mit 799 Abbildungen und 6 Tafeln. Braunschweig, Friedrich Vieweg & Sohn, 1905. Bd. I: 496 S. Bd. II: 491 S. M 15,—.

Das Buch gibt, wie sein Titel andeutet, eine Darstellung der Physik an der Hand geschichtlicher Daten und hat dadurch insbesondere auch Wert für den physikalischen Unterricht, für den die Anknüpfung an die historische Entwicklung eine großenteils noch unerfüllte Forderung ist. Die Schwierigkeit für die Abfassung eines Buches wie das vorliegende besteht vor allem darin, daß es uns trotz mehrerer Werke über den Gegenstand noch immer an einer eigentlichen Geschichte der Physik fehlt. Wer sich orientieren will, muß in der Regel auf die Quellen zurückgehen. Die Verfasser haben sich in sehr vielen Fällen mit dem Anschluß an die traditionelle geschichtliche Darstellung begnügen müssen; wo sie darüber hinausgehen, wie in einzelnen der sehr gelungenen astronomischen Partien, ist das Werk von besonderer Frische und Anziehungskraft. Erwähnt sei auch in dieser Hinsicht die Einführung in Faradays Entdeckung der Induktionserscheinungen und die Darstellung der Leistungen Stevins. Daß Stevin das dem Pascal zugeschriebene hydrostatische Gesetz entdeckt hat, ist heut allgemein bekannt; neu ist, daß auch der Apparat Pascals für das hydrostatische Paradoxon sich bereits bei Stevin finden soll. In der Ausgabe Stevins von 1634 dürfte der Apparat nicht beschrieben sein. Hier und an manchen anderen Stellen wäre eine Quellenangabe wohl nicht überflüssig gewesen. Bei Huygens sind die Verfasser auf die leicht zugänglichen Originalschriften nicht zurückgegangen, sonst hätte eine so irrtümliche Darstellung seiner Arbeiten über die Zentrifugalkraft nicht beibehalten werden können. Von Porträts enthält das Buch an sechzig, darunter manche minderwertige Reproduktionen, im ganzen aber eine willkommene Beigabe, die außerordentlich zur Belebung beiträgt. Alles in allem ist das Buch als ein Hilfsmittel für den physikalischen Unterricht und wohl auch als geeignete Lektüre für reifere Schüler mit Freude zu begrüßen. P.

**Die moderne Theorie der physikalischen Erscheinungen** (Radioaktivität, Ionen, Elektronen).

Von Augusto Righi. Aus dem Italienischen übersetzt von B. Dessau. Mit 17 Abbildungen. Leipzig, Johann Ambrosius Barth, 1905. 152 S. Geb. M 2,80.

Die Schrift ist namentlich deshalb beachtenswert, weil sie außer den wichtigsten Tatsachen des im Titel bezeichneten Gebietes auch allgemeine Darlegungen über die Beziehungen der Elektronen zur Konstitution der Materie enthält. Der Verfasser erklärt es für verfrüht, jetzt schon die Elektronentheorie als Grundlage eines neuen Systems der Naturerklärung hinstellen zu wollen, durch das die Erscheinungen, statt auf Weltäther und ponderable Materie, auf den Äther und die Elektronen zurückgeführt würden; aber er legt dar, wie man dazu gelangt, die scheinbare Trägheit bewegter Elektronen nach Analogie der Selbstinduktion aufzufassen und von den Elektronen selbst anzunehmen, daß sie keine Masse besitzen außer derjenigen, welche ihnen infolge ihrer Bewegung und ihrer elektrischen Ladung scheinbar anhaftet. Denke man sich die Atome aus Elektronen zusammengesetzt, so sei auch der Versuch berechtigt, die Molekular- und Atomkräfte wie auch die Trägheit und die Fernwirkung aus den Eigenschaften der Elektronen zu erklären. P.

**Zwölf Vorlesungen über die Natur des Lichtes.** Von Dr. J. Classen. Mit 61 Figuren. Leipzig, G. J. Göschen, 1905. 249 S. Geb. M 4,—.

Diese vor einem Laienpublikum gehaltenen Experimentalvorträge bieten eine sehr gute Einführung in die theoretischen Vorstellungen vom Licht, insbesondere auch in die neuesten Forschungen

bezüglich der elektromagnetischen Theorie der Lichts und die Verwandtschaft der elektrischen mit den Lichtwellen. Selbst die Untersuchungen von Rubens über die Reststrahlen sowie die von Rubens und Hagen über die Beziehungen zwischen Leitvermögen und Absorption sind in den Kreis der Betrachtung gezogen. Ein reiche Ausbeute gewährt das Schriftchen auch für den Experimentalunterricht. Beachtung verdient namentlich die Anweisung, Spektralversuche mit Bogenlicht stets ohne Kondensator anzustellen; hervorgehoben sei auch die Einrichtung des Fresnelschen Interferenzversuchs mit zwei parallel gestellten Spiegelglasplatten. P.

**Strahlengang und Vergrößerung in optischen Instrumenten.** Eine Einführung in die neueren optischen Theorien von Prof. Dr. Hans Keferstein in Hamburg. (Abhandlungen zur Didaktik und Philosophie der Naturwissenschaft, Heft 5.) Berlin, Julius Springer, 1905. 42 S. M 1,60.

Die geometrische Optik nimmt in den physikalischen Schulbüchern eine bevorzugte Stellung ein, weil sie sich so einfach mathematisch behandeln läßt und so schönen Stoff für mathematische Aufgaben liefert. Ihr physikalischer Inhalt aber ist meist recht dürftig, z. T. auch falsch, weil man sich bei den geometrischen Konstruktionen um die Realität der konstruierten „Lichtstrahlen“ nicht kümmert. Die Lehrbücher stehen meist auf einem Standpunkte, der gegen die jetzige Entwicklung um mehr als ein Jahrhundert rückständig ist. Wohl sind einzelne schüchterne Versuche gemacht worden, die Gaußsche Dioptrik in den Unterricht einzuführen; der gewaltige Fortschritt, den Ernst Abbe und seine Schüler herbeiführten, hat noch keinen Einfluß auf die Schulphysik geübt.

Der Verfasser des vorliegenden Sonderheftes hat schon in zwei Aufsätzen in Bd. 17 und 18 d. Zeitschr. den Versuch gemacht, einzelne Gebiete der geometrischen Optik im Sinne der neueren Theorien zu behandeln. Hier gibt er eine Darstellung des Teiles, der am meisten reformbedürftig war, des Strahlenganges und der Vergrößerung in den optischen Instrumenten, die zur Unterstützung des Sehens dienen. Natürlich schließt er sich dabei an die neue Auflage von Czapskis geometrischer Optik in Winkelmanns Handbuch der Physik an, hat aber bei der Gestaltung und Auswahl des Stoffes immer nur die Mittel und die Zwecke der Schule im Auge und geht den einzig zweckmäßigen Weg, indem er nicht etwa nur die alten abstrakten Darstellungen theoretisch berichtigt und ergänzt, sondern das Experiment zur Grundlage für die Theorie und zum Prüfstein ihrer Resultate macht.

Im ersten Abschnitt behandelt er den Einfluß der Blenden auf den Strahlengang. Hier wird in den Lehrbüchern besonders stark gesündigt; die Blenden sind da nur das Mittel, um die „störenden Randstrahlen abzuhalten“, ihre grundlegende Bedeutung für die optische Abbildung wird nicht erwähnt. Der Verfasser erläutert diese Bedeutung zunächst sehr anschaulich mit einem Fenster, durch das man in eine Landschaft sieht. Dann entwickelt er durch Versuche Begriff und Bedeutung der Ein- und Austrittspupillen und -luken für die Abbildung durch die optischen Instrumente. Dabei gibt er auch eine hübsche Methode an, um virtuelle Bilder zu demonstrieren.

Im zweiten Abschnitt behandelt er die Vergrößerung, indem er die Bedeutung der Tiefenvergrößerung und des Konvergenzverhältnisses im Zusammenhang mit der meist allein behandelten Lateralvergrößerung ableitet. Endlich macht er im letzten Teil Anwendung von den gewonnenen Resultaten auf die Lupe, das Mikroskop und das Fernrohr. Bemerkenswert ist hier besonders der Abschnitt über das Galileische Fernrohr, nicht bloß deshalb, weil die gegebene Darstellung des Strahlenganges so vollständig von der gebräuchlichen, aber falschen, abweicht, sondern vielmehr, weil sie neben der Schwierigkeit einer schulmäßigen Behandlung dieser Dinge auch den richtigen Weg zu ihrer Bewältigung zeigt.

Man sieht aus dieser Inhaltsangabe, daß der Verfasser nur einen kleinen, allerdings den wichtigsten Teil der geometrischen Optik behandelt hat. Seine Darstellung wird aber auch für die Umarbeitung der übrigen Teile nach den neueren Theorien vorbildlich sein. Er sagt in der Einleitung, daß seine Darstellung kein Lehrbuchkapitel sein soll, sondern nur eine Vorarbeit dafür. Didaktisch und sachlich ist diese „Vorarbeit“ so vortrefflich, daß sie für den zukünftigen Bearbeiter eines solchen Lehrbuchkapitels unentbehrlich sein und hoffentlich bald den Unterricht in der Optik wesentlich beeinflussen wird. Götting.

**Atlas der Emissionsspektren der meisten Elemente nach photographischen Aufnahmen mit erläuterndem Text** von Aug. Hagenbach und Heinr. Konen. Jena, Verlag von G. Fischer, 1905. VI u. 72 S. 28 Tafeln. 4°. M 24,—.

Der vorliegende Atlas enthält die Spektren sämtlicher Elemente, 10 ausgenommen, die die Verfasser nicht rein genug oder nicht in genügender Menge erhalten konnten. Einige dieser Spektren z. B. von *As*, den seltenen Erden, den Platinmetallen, von *P*, *J*, *Se* sind hier ganz oder zum Teil zum ersten Male veröffentlicht. Die Spektren sind in ganz einheitlicher Weise mit 2 Rowlandschen Konkavgittern entworfen, auf sensibilisierte Films photographiert und die photographischen Aufnahmen

in vorzüglicher Weise heliographisch reproduziert. Von jedem Elemente wird das Spektrum vollständig zwischen den Wellenlängen 2500—7000 A. E. in zwei Hälften reproduziert, von denen die eine die sichtbare Hälfte, die andere den brechbareren Teil des Spektrums enthält. Der erstere Teil ist hier in viel größerem Umfange berücksichtigt, als das bis jetzt geschehen ist. Die Genauigkeit der Reproduktion ist so groß, daß man mit der Lupe an der mit jedem Spektrum reproduzierten Skala noch Linien, die 0,8 A. E. auseinander liegen, trennen kann. Für jedes Element sind die verschiedenen Spektren angegeben, die sich mit dem elektrischen Lichtbogen, dem Funken, der Flamme und in der Vakuumröhre ergeben. Gerade dadurch wird der Atlas so wertvoll bei der praktischen Spektroskopie, und er gewinnt dadurch durchaus selbständige Bedeutung neben den ausführlichen Wellenlängentabellen von Exner und Hascheck oder dem Handbuch der Spektroskopie von Kayser und Runge u. a.

Der Text der Tafeln ist sehr kurz gehalten. Er gibt nach einer Anleitung zu ihrem Gebrauch eine Beschreibung der Spektren und sehr wertvolle Angaben über die Methoden der Herstellung der Spektren. Bei der Beschreibung der Spektren verzichten die Verfasser auf eine vollständige Aufzählung der Linien; denn man kann mit den bekannten Tabellen die sichtbaren Linien leicht mit den dort aufgezählten identifizieren, und die genauen Werte der A. E. feststellen. Sie erwähnen auch nur das, was wirklich in den Reproduktionen zu sehen ist, obgleich die Originalaufnahmen viel mehr unterscheiden lassen. Sie geben in der Beschreibung nur das Material an, mit dem die Spektren hergestellt sind, weiter die Korrekturen für die Wellenlängen und die auftretenden Verunreinigungen und weisen auf die wichtigsten Eigentümlichkeiten des Spektrums hin. Durch diese Beschränkung wird der Text sehr übersichtlich und handlich.

Götting.

**Ionen und Elektronen**, eine kurze Darstellung der Entwicklung und Begründung neuerer Anschauungen, insbesondere der Ionentheorie, von Prof. Dr. W. Grosse. Leipzig, Quandt & Händel. 91 S. M 2,20.

Wer mit den Theorien der Ionen und Elektronen bekannt ist, wird einen guten Einblick in die Entwicklung der neueren Ansichten auf diesen Gebieten erhalten. Die ersten Abschnitte behandeln das Entstehen der Vorstellungen, die man sich jetzt von den Ionen macht, die ionentheoretisch erklärten Lösungen und den osmotischen Druck. Die Gefrierpunktserniedrigung und Siedepunkterhöhung liefern Beweise für die Richtigkeit und den Wert der Theorie. Es folgen dann ein Kapitel über das erste Eindringen energetischer Anschauungen und eins über die Entwicklung elektrochemischer Anschauungen, das zu den besten des Buches gehört, und dem sich die historische Darstellung der Entwicklung der Leitfähigkeit und Spannung anschließt. Nach Behandlung der Elemente und Akkumulatoren wird eine kurze Darstellung der Elektronentheorie gegeben mit besonderem Hinweis darauf, daß die Emissionstheorie Newtons zu neuem Leben erwachen könnte. Alle Kapitel regen zum Nachdenken an, besonders auch dadurch, daß sich an vielen Stellen Ausblicke auf physikalische Gesetze finden, die in weiterer Beziehung zum gestellten Thema gehören, deren Ausführung aber über den Rahmen des Buches hinausgegangen wäre. Der Ausdruck ist an manchen Stellen zu allgemein gewählt. Die Abschnitte verlangen darum einen sehr aufmerksamen Leser, dessen Aufmerksamkeit auch die hier und da auftretenden Satzfehler und die für dieselben Konstanten benutzten verschiedenen Zahlengrößen richtigstellen muß. Aber niemand wird das Buch, ohne Anregung empfangen zu haben, aus der Hand legen.

Kratzi.

**Die Schule der Chemie**. Erste Einführung in die Chemie für jedermann von W. Ostwald, o. Professor der Chemie an der Universität Leipzig. Zweiter Teil, die Chemie der wichtigsten Elemente und Verbindungen. Mit 32 in den Text eingedruckten Abbildungen. Braunschweig, Fr. Vieweg & Sohn, 1904. VIII u. 292 S. Geh. M 7,20.

Dem ersten Teile dieses Buches (vergl. die ausführliche Besprechung d. Zschr. XVII, S. 185 ff.) ist schnell der zweite gefolgt. Während der erste „Allgemeines“ brachte und daneben nur eine sehr kleine Anzahl von Elementen behandelte — etwa nach Art eines Lehrbuchs für einen Vorkursus —, soll der auf ihm fußende zweite Teil vorwiegend die spezielle Chemie lehren, gleichzeitig aber die allgemeinen Vorstellungen vertiefen und erweitern. Die Form des Zwiegesprächs zwischen Lehrer und Schüler ist beibehalten worden. Angeordnet ist der Stoff in der üblichen Art nach den Elementen, wobei die Nichtmetalle vorgehen. Dazwischen sind Kapitel über Gegenstände der allgemeinen Chemie, wie das Gasvolumengesetz oder die Elektrolyse, eingeschaltet. Als besonders bedeutsam erschien dem Herrn Verf. die „Aufgabe der Einführung der quantitativen stöchiometrischen Gesetze“, die mit Recht ein „Problem von nicht geringer Schwierigkeit“ genannt wird. Der erste Teil brachte zwar hierauf zielende Mitteilungen, jedoch keinerlei experimentellen Nachweis. Zu einem solchen führte hier die geschichtliche Betrachtung. „Wie die Entdeckung des Neutralitätsgesetzes durch

J. B. Richter“ — so heißt es im Vorwort — „seinerzeit den ersten entscheidenden Schritt in das durch Maß und Zahl beherrschte Gebiet der Chemie gebildet hatte, so sind auch die verhältnismäßig einfach experimentell auszuführenden und zu verstehenden Erscheinungen der Neutralisation von Säuren und Basen die natürliche Grundlage einer entsprechenden Gedankenentwicklung.“ Bei dem Versuche, einen derartigen Lehrgang zu gestalten, hat Herr OSTWALD sein bekanntes pädagogisches Geschick bewährt; nur ist zu fürchten — da eine normale Natronlösung (40 g NaOH auf 1 l Wasser), für deren Gewichtsverhältnis der Schüler keinerlei Grund einsehen kann, den Ausgangspunkt bildet —, daß diese scheinbare Willkür den zwingenden Gang der Entwicklung stören wird. Im übrigen sind die Versuche über die Äquivalenz an verschiedenen Säuren und Basen sehr hübsch durchgeführt. Schließlich führen sie durch eine Verallgemeinerung der Ergebnisse zum Begriff des Verbindungsgewichts. Hierauf wird das Gasvolumengesetz eingeführt, und zwar durch Berechnung der Räume, die den Verbindungsgewichten von H, Cl und HCl entsprechen. Die durch ihre Einfachheit überraschenden Ergebnisse erregen nun in dem Schüler den Wunsch, diese „Dinge nicht nur durch Rechnung zu erfahren, sondern unmittelbar zu Gesicht“ zu bekommen. Dies veranlaßt den Lehrer zur Anwendung des elektrischen Stromes, mit dessen Hilfe er eine sehr verdünnte Natronlösung dissoziiert und dem Ergebnisse nach zur Wasserzersetzung gelangt.

Zu dem üblichen Lehrgange, den vor etwa 40 Jahren A. W. Hofmann in seiner „Einleitung in die moderne Chemie“ geschaffen hat, hat Herr OSTWALD sich damit in Widerspruch gesetzt. Immerhin war der ältere Weg — weil von binären Verbindungen ausgehend und zu gasförmigen Elementen hinführend — einfacher sowohl für die Beobachtung als für die Deutung. Andererseits hat das hier angewandte Verfahren den Vorteil, daß es die Gesetzmäßigkeit sofort für ganze Klassen von Verbindungen zeigt und insbesondere auch ohne den elektrischen Strom, der doch bei der Wasserzerlegung nur mittelbar wirkt und für den Anfänger stets etwas Fremdartiges hat, auskommen kann. Den letzteren Vorteil scheint allerdings der Herr Verf. nicht hoch einzuschätzen; sonst hätte er nicht zur Bestätigung des Volumengesetzes die sogenannte Elektrolyse des Wassers herangezogen. Versuche über die Synthese dieser Verbindung wären an dieser Stelle in methodischer Hinsicht einwandfreier gewesen (vergl. hierüber O. Ohmann, Lehrgang der chemischen Untersuchung des Wassers, d. Zschr. XIV, S. 1 ff.). Die Anwendung der Elektrolyse hat hier noch einen zweiten Nachteil im Gefolge. Herr OSTWALD sieht sich nämlich genötigt, den für die weiteren Betrachtungen so wichtigen Begriff der Ionen in einer früher von ihm selbst als unzumutbar bezeichneten Weise einzuführen. Nach den „Grundlinien der anorganischen Chemie, Vorbericht“ ist es nämlich „möglich, ja notwendig“, diesen Begriff „als einen rein chemischen und nicht als einen elektrischen“ zu entwickeln, da seine Bedeutung für die Chemie im wesentlichen darauf beruhe, daß er „die chemische Tatsache der individuellen Reaktionen der Salzbestandteile zum Ausdruck bringt“. Ein derartiges Verfahren wäre auch im vorliegenden Falle angebracht gewesen. Andererseits muß anerkannt werden, daß weiterhin die speziell chemische Bedeutung der Ionen im vollsten Maße zu ihrem Rechte kommt.

Was die Anwendungen der Chemie anbetrifft, so ist die Auswahl mit richtigem Takte getroffen worden: auf technische Sonderheiten wird kein Wert gelegt, hingegen finden bedeutsame Tatsachen aus der Tier- und Pflanzenphysiologie und nicht minder wichtige, auf der Chemie beruhende Gewerbewirkungsvolle, weil auf das Grundsätzliche beschränkte Behandlung. Auch die allgemeinsten Erscheinungen der Mineralogie und Hindeutungen auf die Mannigfaltigkeit der Kohlenstoffverbindungen fehlen nicht.

Die Atom- und Molekulartheorie wird im vorliegenden Bande nicht ganz so ablehnend behandelt wie im ersten Teile des Buches. Allerdings wird der Chemiker, der hinter dem Gesetze der Verbindungsgewichte die Atome als tieferen Grund zu sehen glaubt, mit dem Bauern verglichen, der in der Lokomotive nach einem verborgenen Pferde sucht. Aber trotz dieses angreifbaren Bildes — denn die Atomhypothese hat die Chemie bis auf den heutigen Tag vorwärts gebracht, während dem Bauern seine Vermutung nichts nützen kann — bestätigt Herr OSTWALD, es sei „bequemer, sich die Atome vorzustellen, als das abstrakte und allgemeine Gesetz der Verbindungsgewichte anzuwenden“; ja, er spricht den Menschen das Recht zu, „jede Erleichterung ihrer Arbeit, welche ihnen die Ergebnisse schneller und ebenso richtig liefert“, zu benutzen. Damit ist die Berechtigung, auch im Unterricht der höheren Schulen in vorsichtiger Weise die atomistische Hypothese anzuwenden, anerkannt.

Die Darstellung zeigt in diesem zweiten Teile des Buches die gleiche Meisterschaft wie im ersten. Das ganze Werk kann in dieser Hinsicht vorbildlich wirken. Nicht minder mag es lehren — wogegen im Chemieunterricht leider recht häufig gesündigt wird —, wie Tatsachen und Hypothesen scharf zu scheiden sind. Dazu bringt es eine Fülle ausgezeichneten experimentellen Materials, das

meist nur einfache Hilfsmittel erfordert und sich — wie etwa die Herstellung und Prüfung normaler Lösungen — sehr gut für Schülerübungen eignet, auch tatsächlich hierfür bestimmt ist; der Schüler des Buches wird nämlich fortgesetzt angehalten, eigene Versuche zur Bestätigung und Erweiterung der Ergebnisse des Unterrichts anzustellen. Hiermit hat sich der Verf. ausdrücklich zu einer auch in dieser Zeitschrift oft erhobenen Forderung — daß nämlich zu einem gedeihlichen exakt-naturwissenschaftlichen Unterricht praktische Übungen gehören — bekannt. Vor allem aber ist anzuerkennen, daß diese „Schule der Chemie“ durchaus elementar ist und doch die bedeutsamen Fortschritte, die die anorganische Chemie in den letzten Jahrzehnten gemacht hat, zweckmäßig ausnützt. Sicherlich wird sie nach vielen Richtungen hin auf den chemischen Unterricht befruchtend einwirken. Hinzugefügt sei noch, daß das Werk auch im Auslande große Beachtung findet; es liegen für den ersten Teil bereits Übersetzungen in mehrere fremde Sprachen vor. Zu bedauern bleibt jedoch, daß der Preis des Buches, das ausdrücklich für weitere Volkskreise bestimmt wurde, im Verhältnis zum Umfang ein so ungewöhnlich hoher ist.

*J. Schiff.*

**Kristallinische Flüssigkeiten und flüssige Kristalle.** Von Dr. Rud. Schenck, Privatdozent der Chemie und Abteilungsvorsteher im chemischen Institut der Universität Marburg. Leipzig, W. Engelmann, 1905. 159 S. M 3,60.

Während das rühmlich bekannte Werk von O. Lehmann über die flüssigen Kristalle hauptsächlich die umfangreichen Untersuchungsergebnisse dieses Forschers enthält, sind im vorliegenden Buch die übrigen, von seiten der Physiko-Chemiker angestellten Untersuchungen über die doppelbrechenden Flüssigkeiten, insbesondere auch des Verfassers eigene Arbeiten sowie die seiner Schüler zusammengestellt. Da das Buch auch die wesentlichsten Ergebnisse nebst verschiedenen Abbildungen aus dem Lehmannschen Werk enthält, so ist es allen, die einen Einblick in die merkwürdigen, zuerst in den achtziger Jahren an Cholesterinderivaten aufgefundenen Phänomene erhalten wollen, als dafür vorzüglich geeignet zu empfehlen.

*O.*

### **Programm-Abhandlungen.**

**Die Newtonschen Zentralkräfte**, abgeleitet aus Bewegungen undurchdringlicher Massen. Von Prof. Hugo Fritsch. Städt. R.-G. zu Königsberg i. Pr. Ostern 1905. Pr.-No. 18.

Der Verfasser ergänzt die Ausführungen seiner früheren Programmschriften (vergl. d. Zeitschr. XV 311) durch Betrachtungen über die Möglichkeit, die Eigenschaften der materiellen Atome aus der Annahme verschwindend kleiner Ätherteilchen, denen nur neben sehr großer Geschwindigkeit die Eigenschaft der Trägheit beigelegt wird, abzuleiten. Er gibt namentlich Andeutungen darüber, wie er sich die Undurchdringlichkeit und die Gravitation der Materie zustande kommend denkt; erstere durch den Anprall zwischen den materiellen Teilchen lebhaft bewegter Ätherteilchen, letztere durch eine Art Schirmwirkung, die in größeren als molekularen Abständen eintritt.

*P.*

**Aufgaben aus der mathematischen Erd- und Himmelskunde.** Von Hugo Michnik. Königl. Gymnasium zu Beuthen O./Schl. Ostern 1905. Pr.-No. 209.

Es werden zwei Aufgaben behandelt: I. Die Länge der Tagbogen der Gestirne gibt Anlaß zu einer Maximalaufgabe, die gleichbedeutend ist mit der folgenden: Wenn um den Mittelpunkt einer Ellipse konzentrische Kreise geschlagen werden, den unter ihnen zu bestimmen, dessen innerhalb der Ellipse liegender Bogen der größte ist. Die andere Aufgabe II betrifft die Bestimmung der Kurven, die der höchste Punkt der Ekliptik über dem Horizonte eines gegebenen Beobachtungsortes beschreibt. Es ergibt sich eine Kurve 8. Ordnung, die näher diskutiert wird.

*P.*

**Über die Radioaktivität einiger Süßwasser-, Mineral- und Thermalquellen des Taunus.** Von Prof. Dr. A. Schmidt. Königl. R.-G. zu Wiesbaden. Ostern 1905. Pr.-No. 485.

Messungen wurden nach einer Versuchsmethode ausgeführt, die eine Kombination der Himstedtschen mit der von Elster und Geitel beschriebenen war. Einige Resultate hat der Verfasser bereits in der Physik. Zeitschr. veröffentlicht. Während bei der Mehrzahl der Quellen die radioaktive Eigenschaft wahrscheinlich nur auf Radiumemanationen zurückführbar ist, hat sich bei einer von ihnen im Sinter die Anwesenheit eines aktiven Elements, wohl Radiums, feststellen lassen.

*P.*

**Ein Kapitel aus der Akustik und Optik in Theorie und Praxis.** Von Th. Neiningen. Progymnasium zu Zaborze O./Schl. Ostern 1905. Pr.-No. 254.

Es wird die bekannte Integration der Differentialgleichung einer schwingenden Saite vorgeführt und die Vermutung ausgesprochen, daß die Schwingungszahl einer Saite im luftgefüllten Raum „ungleich niedriger“ sein muß als im Vakuum. Den Beweis hierfür bleibt der Verfasser schuldig.

*P.*

**Konstruktion und Theorie eines elektrischen Fernsehers, Teil II.** Von Walther Stephan. Fürstl. Gymnasium Arnoldinum zu Burgsteinfurt. Ostern 1905. Pr.-No. 412.

In einer früheren Abhandlung (Progr. Dramburg 1903) hat der Verfasser die Konstruktion eines elektrischen Fernsehers, die auf der Verwendung lichtempfindlicher Selenzellen beruht, angegeben und macht nunmehr Mitteilung über weitere Versuche, die er in der elektrotechnischen Abteilung des Physikalischen Vereins zu Frankfurt a. M. ausgeführt hat; diese hatten namentlich den Einfluß der Selbstinduktion zum Gegenstande und führten zu dem Ergebnis, daß auch bei hoher Selbstinduktion die „Prägnanz des sekundären Bildes“ nicht beeinträchtigt wurde. In einem Anhang legt der Verfasser dar, daß die Mängel, die seiner Erfindung in einem Gutachten der Physikalisch-Technischen Reichsanstalt vom Jahre 1891 zum Vorwurf gemacht wurden, nunmehr beseitigt sind. P.

## Mitteilungen aus Werkstätten.

### Zwei optische Apparate.

Von Joh. Umann in Tiefenbach a. d. Desse (Böhmen).

1. Apparat für Totalreflexion in Glasstäben. Dieser zur Erklärung der Leuchtbrunnen (Fontaines lumineuses) dienende Apparat ist in der nebenstehenden Figur 1 dargestellt. Auf einer mattschwarzen Holzplatte *B* liegen die beiden gebogenen Stäbe *n* und *p* aus Eisglas mit rissigen Wänden und der glattwandige Glasstab *m*. Die Enden dieser Stäbe sind durch entsprechende Öffnungen der Blechblende *b* gesteckt. Läßt man das durch die Linse *L* konzentrierte Licht auf die Enden der Glasstäbe fallen, so leuchten die rauhwandigen Stäbe *n* und *p* kräftig auf, während *m* dunkel bleibt. Dafür tritt aus diesem Stabe das Licht fast ungeschwächt aus und zeichnet sich hell auf dem Schirme *s*<sub>1</sub> ab, während das bei *s*<sub>2</sub> aus dem Stabe *n* kommende Licht bedeutend schwächer ist. Die Blende *b* ist mit einem Einschub für farbige Gläser versehen, durch deren Anwendung sich der Versuch besonders effektiv gestaltet. Der Apparat kann mittels einer die Achse der drehbaren Holzplatte tragenden offenen Schraubenzwinge an einem beliebigen Stativ befestigt werden. Der Preis beträgt M 16,20.

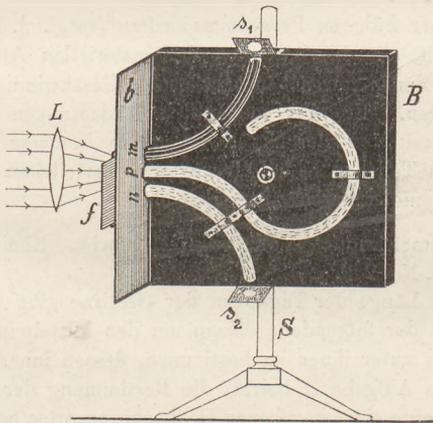


Fig. 1.

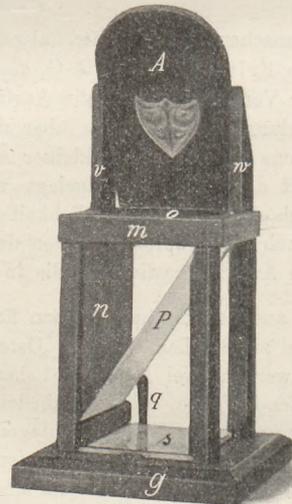


Fig. 2.

2. Für die subjektive Beobachtung der Interferenzfiguren liefert die obengenannte Firma auch einen kleinen, nach der Nörrembergischen Anordnung zusammengestellten Polarisationsapparat (Figur 2) für den niedrigen Preis von M 7,—. Das Gestell des Apparatchens ist aus matt schwarzem Holze hergestellt. Auf der Grundplatte *G* liegt der Spiegel *s*, während dem Polarisier *P* die schwarze Holzfläche *n* gegenübersteht. Dies hat den Vorteil, daß störende Spiegelungen vermieden werden, und die Interferenzbilder sehr schön, gewissermaßen auf schwarzem Grunde, erscheinen. Die Holzplatte *m* trägt den zwischen zwei Backen *w* eingeschobenen, aus einer starken schwarzen Glasplatte gebildeten Analyser *A* und hat bei *O* eine kreisrunde, nach unten durch eine Glasplatte geschlossene Öffnung, die zur Aufnahme der rasch gekühlten Gläser oder sonstiger Objekte dient. Die Platte *m* kann in vier verschiedenen, um je 90° gegeneinander verwendeten Stellungen auf den unteren Teil des Gestelles aufgesetzt werden, wobei sich die vier charakteristischen Lagen des Analysers gegen den Polarisier ergeben.

Der in dieser Zeitschrift *XVIII S. 79* beschriebene Fallapparat von R. KOTTENBACH wird von Max Kohl in Chemnitz für M 110,— geliefert.

### Korrespondenz.

Anfrage. An welchen höheren Lehranstalten Deutschlands werden die physikalischen oder chemischen Lehrinrichtungen (Sammlungen und Unterrichtszimmer) von zwei oder mehreren im übrigen getrennten Schulen gemeinsam benutzt? Nachricht an die Redaktion erbeten.

Berichtigung. In der Mitteilung von H. LÜDTKE über eine „Blinkvorrichtung für Glühlampen“ (*Heft I S. 29*) sind in der Figur die Buchstaben *A* und *B* zu vertauschen.

### Bei der Redaktion eingegangene Bücher und Schriften.

**A. Winkelmann**, Handbuch der Physik. 2. Aufl. III. Bd. 1. Hälfte: Wärme. Mit 109 Abb. 536 S. M 16. — VI. Bd.: Optik. Mit 218 Abb. 1404 S. Leipzig, J. A. Barth, 1906. M 36. — **O. D. Chwolson**, Lehrbuch der Physik. III. Bd.: Die Lehre von der Wärme. Übersetzt von E. Berg. XI und 988 S. M 16, geb. M 18. — **Müller-Pouillet**, Lehrbuch der Physik und Meteorologie in 4 Bänden. 10. Aufl. Herausgegeben von L. Pfundler. 1. Bd.: Mechanik und Akustik. 2. Abt. 801 S. Braunschweig, Friedr. Vieweg & Sohn, 1906. M 7. — Die Wissenschaft. Heft 9: **E. St. Faust**, Die tierischen Gifte. 248 S. M 6, geb. M 6,80. Heft 10: **G. F. Lipps**, Die psychischen Maßmethoden. Mit 6 Abb. 151 S. M 3,50, geb. M 4,10. Heft 11: **H. Kobold**, Der Bau des Fixsternsystems. Mit 19 Abb. u. 3 Taf. 256 S. M 6,50, geb. M 7,30. Braunschweig, Friedr. Vieweg & Sohn, 1906. **W. von Dyck**, Über die Errichtung eines Museums von Meisterwerken der Naturwissenschaft und Technik in München. 40 S. Leipzig und Berlin, B. G. Teubner, 1905. M 2. — **W. Wien**, Über Elektronen. Vortrag. 28 S. Leipzig, B. G. Teubner, 1905. M 1. — **W. Nernst**, Physikalisch-chemische Betrachtungen über den Verbrennungsprozeß in den Gasmotoren. Vortrag. 36 S. Berlin, J. Springer, 1905. M 1. — **H. A. Lorentz**, Ergebnisse und Probleme der Elektronentheorie. Vortrag. 2. Aufl. 59 S. Berlin, J. Springer, 1906. M 1,50. — **K. Rosenberg**, Lehrbuch der Physik für die oberen Klassen der höheren Schulen. Ausgabe für Realgymnasien und Oberrealschulen. Mit 615 Abb. 462 S. M 4,80. — Ausgabe für Gymnasien. 488 S. Wien und Leipzig, Alf. Hölder, 1906. M 5. — **F. Koerber**, Transformator für sphärische Koordinaten. Dietrich Reimer, Berlin. M 1,50. — **A. Stavenhagen**, Kurzes Lehrbuch der anorganischen Chemie. Mit 174 Abb. 524 S. Geb. M 11,60. Stuttgart, F. Enke, 1906. — **A. Bernthsen**, Kurzes Lehrbuch der organischen Chemie. 9. Aufl. Braunschweig, Fr. Vieweg & Sohn, 637 S. M 11, geb. M 11,80. — **G. Baumert, M. Dennstedt, F. Voigtländer**, Lehrbuch der gerichtlichen Chemie. 2. Bd.: Der Nachweis von Schriftfälschungen, Blut, Sperma u. s. w. Mit 97 Abb. 248 S. Braunschweig, Friedr. Vieweg & Sohn, 1906. M 9. — **Moderne Chemie von W. Ramsay**. II. Teil: Systematische Chemie. Übers. von M. Huth. 395 S. Halle a. S., W. Knapp, 1906. M 3, geb. M 3,50. — **J. Rippel**, Grundlinien der Chemie für Oberrealschulen. I. Teil: Anorganische Chemie. Mit 72 Abb. 266 S. 3 K. Wien, F. Deuticke, 1905. — **Düsing**, Lehrbuch der Chemie für technische Anstalten. 116 S. M 2,70. Kiel, R. Cordes, 1906. — **K. A. Henniger**, Vorbereitender Lehrgang der Chemie und Mineralogie. Mit 112 Abb. 116 S. M 1,60. Stuttgart, Fr. Grub, 1906. — **Sammlung Götschen**: Analytische Chemie von J. Hoppe. I. Theorie und Gang der Analysen. 124 S. M 0,80. II. Reaktionen der Metalle und Metalloide. 137 S. M 0,80. Leipzig, Götschen, 1905. — **W. Weiler**, Chemie fürs praktische Leben. Mit 187 Abb. 64 S. Ravensberg, Otto Maier. Lief. 1. M 0,70. — **A. Föppl**, Vorlesungen über technische Mechanik. III. Bd.: Festigkeitslehre. Mit 83 Abb. 3. Aufl. 434 S. Leipzig, B. G. Teubner, 1905. — **A. Kraatz**, Maschinen-Telegraphen. Mit 158 Abb. 136 S. M 5, geb. M 5,80. Braunschweig, Friedr. Vieweg & Sohn, 1906. — **J. Kunz**, Über die Teilbarkeit der Materie. 56 S. M 1. Zürich, E. Speidel, 1905. — **H. Rudolph**, Kausalität und Weltanschauung. 56 S. M 1,50. Koblenz, Selbstverlag. — **A. L. Holz**, Neueste Resultate über Weltkraft und Radialströmung. Mit 122 Abb. 288 S. Hof a. S., A. Grau & Co. M 6. — **O. W. Fischer**, Kurzes Lehrbuch der chemischen Technologie. Mit 17 Abb. 159 S. Wien und Leipzig, F. Deuticke, 1906. Geb. 2 K. 80 h. — **Abhandlungen der Friesschen Schule**. Neue Folge. 3. Heft. Herausgegeben von G. Hessenberg, K. Kaiser und L. Nelson. Göttingen, Vandenhoeck und Ruprecht, 1906. M 2,40. — **B. Schmid**, Philosophisches Lesebuch. 166 S. Leipzig, B. G. Teubner, 1906. — **H. Kleinpeter**, Mittelschule und Gegenwart. 100 S. Wien und Leipzig, Carl Fromme. — **E. Horn**, Das höhere Schulwesen der Staaten Europas. 201 S. Berlin, Trowitzsch & Sohn, 1906. M 6. —

### Himmelserscheinungen im April und Mai 1906.

♿ Merkur, ♀ Venus, ☉ Sonne, ♂ Mars, ♃ Jupiter, ♄ Saturn, ☾ Mond, 0<sup>h</sup> = Mitternacht.

		April						Mai					
		4	9	14	19	24	29	4	9	14	19	24	29
♿	AR	0 <sup>h</sup> 51 <sup>m</sup>	0.38	0.30	0.29	0.36	0.48	1. 5	1.27	1.52	2.21	2.54	3.32
	D	+ 8 <sup>o</sup>	+ 6 <sup>o</sup>	+ 4 <sup>o</sup>	+ 2 <sup>o</sup>	+ 2 <sup>o</sup>	+ 2 <sup>o</sup>	+ 4 <sup>o</sup>	+ 6 <sup>o</sup>	+ 8 <sup>o</sup>	+ 11 <sup>o</sup>	+ 15 <sup>o</sup>	+ 18 <sup>o</sup>
♀	AR	1 <sup>h</sup> 38 <sup>m</sup>	2. 1	2.24	2.48	3.13	3.38	4. 3	4.29	4.55	5.21	5.48	6.15
	D	+ 9	+ 12	+ 14	+ 16	+ 18	+ 20	+ 21	+ 22	+ 23	+ 24	+ 25	+ 25
☉	AR	0 <sup>h</sup> 51 <sup>m</sup>	1. 9	1.27	1.46	2. 5	2.23	2.43	3. 2	3.21	3.41	4. 1	4.21
	D	+ 5	+ 7	+ 9	+ 11	+ 13	+ 14	+ 16	+ 17	+ 18	+ 20	+ 21	+ 22
♂	AR	2 <sup>h</sup> 42 <sup>m</sup>	2.56	3.10	3.24	3.39	3.53	4. 8	4.22	4.37	4.51	5. 6	5.21
	D	+ 16	+ 17	+ 18	+ 19	+ 20	+ 21	+ 22	+ 22	+ 23	+ 23	+ 24	+ 24
♃	AR	4 <sup>h</sup> 9 <sup>m</sup>		4.17		4.26		4.35		4.45		4.54	
	D	+ 20		+ 21		+ 21		+ 22		+ 22		+ 22	
♄	AR	22 <sup>h</sup> 48 <sup>m</sup>						22.59					
	D	- 9						- 8					
☾	Aufg.	5 <sup>h</sup> 32 <sup>m</sup>	5.20	5. 9	4.58	4.47	4.37	4.27	4.18	4. 9	4. 2	3.55	3.49
	Unterg.	18 <sup>h</sup> 36 <sup>m</sup>	18.44	18.53	19. 2	19.11	19.19	19.28	19.36	19.44	19.52	19.59	20. 6
☾	Aufg.	12 <sup>h</sup> 35 <sup>m</sup>	19. 8	0.24	3.51	5.38	8.25	13.54	20.48	0.54	3. 3	5. 2	9.13
	Unterg.	3 <sup>h</sup> 21 <sup>m</sup>	5.47	8.55	14.24	19.53	—	2.55	5.14	9.53	15.35	20.51	—
Sternzeit im mittl. Mittg.		0 <sup>h</sup> 47 <sup>m</sup> 25 <sup>s</sup>	1. 7. 8	1.26.51	1.46.34	2. 6.16	2.25.59	2.45.42	3. 5.25	3.25. 7	3.44.50	4. 4.33	4.24.16
Zeitgl.		+ 3 <sup>m</sup> 16 <sup>s</sup>	+ 1.49	+ 0.28	- 0.45	- 1.47	- 2.38	- 3.16	- 3.40	- 3.51	- 3.46	- 3.28	- 2.56

Mittlere Zeit = wahre Zeit + Zeitgleichung.

Mondphasen in M.E.Z.	Erstes Viertel		Vollmond		Letztes Viertel		Neumond	
	April 2,	5 <sup>h</sup> 2 <sup>m</sup>	April 9,	7 <sup>h</sup> 12 <sup>m</sup>	April 15,	21 <sup>h</sup> 37 <sup>m</sup>	April 23,	17 <sup>h</sup> 7 <sup>m</sup>
	Mai 1,	20 <sup>h</sup> 7 <sup>m</sup>	Mai 8,	15 <sup>h</sup> 10 <sup>m</sup>	Mai 15,	8 <sup>h</sup> 3 <sup>m</sup>	Mai 23,	9 <sup>h</sup> 1 <sup>m</sup>
	Mai 31,	7 <sup>h</sup> 24 <sup>m</sup>						

Planetensichtbarkeit	Merkur	Venus	Mars	Jupiter	Saturn
im April	unsichtbar	1/2 bis 3/4 Std. lang abends im W sichtbar	zuletzt abends nur noch 3/4 Std. lang im NW sichtbar	zuletzt nur noch 1 1/2 Std. lang abends im NW sichtbar	unsichtbar
im Mai	unsichtbar	die Sichtbarkeitsdauer wächst bis auf 1 1/2 Stunden	wird Mitte des Monats unsichtbar	wird Mitte des Monats unsichtbar	wird morgens für kurze Zeit, zuletzt 3/4 Std. lang, im O sichtbar

#### Phänomene der Jupitermonde:

April 9 20<sup>h</sup> 54<sup>m</sup> 55<sup>s</sup> M.E.Z II A.

April 13 20 31 11 I A.

#### Sternbedeckungen für Berlin:

April 5, α Leonis, Eintritt: 19<sup>h</sup> 6<sup>m</sup>, 7 M.E.Z., Q = 59<sup>o</sup>; Austritt: 19<sup>h</sup> 54<sup>m</sup>, 1 M.E.Z., Q = 338<sup>o</sup>  
 Mai 6, γ Virginis, 2 33 0 164 3 8 0 239

#### Veränderliche Sterne (M.E.Z.):

April 4	21 <sup>h</sup>	U Sagitt.-Max.	Mai 3		R Lyrae.-Max.	Mai 26		R Lyrae.-Min.
10		R Lyrae.-Min.	10	21 <sup>h</sup>	δ Cephei.-Max.	30	23 <sup>h</sup>	δ Cephei.-Min.
14	21 <sup>h</sup> 22 <sup>m</sup>	Algol.-Min.						

Dr. F. Koerber.

Nachdruck nur mit Quellenangabe und mit Genehmigung der Verlagshandlung gestattet.

Verlag von Julius Springer in Berlin N. — Universitäts-Buchdruckerei von Gustav Schade (Otto Francke) in Berlin N.