

# Zeitschrift

für den

## Physikalischen und Chemischen Unterricht.

XXVIII. Jahrgang.

Viertes Heft.

Juli 1915.

### Krieg und physikalischer Unterricht.

Von

Prof. Dr. P. Spies in Posen<sup>1)</sup>.

Mehr als andere Unterrichtsfächer legen die Naturwissenschaften Wert darauf, sich von weltfremden Erziehungsidealen fernzuhalten. Bezeichnet man sie als „reale“ Fächer, oft mit dem Nebengedanken, daß sie an Wert hinter den „idealen“ zurückstehen, so wollen sie sich diesen Ehrennamen verdienen. Sie wollen auf dem Boden der Wirklichkeit stehen und von hier aus Umschau halten, zu dem doppelten Zweck, einerseits dem Schüler die Augen zu öffnen für die praktischen Aufgaben, die sich täglich an ihn herandrängen, um gelöst oder wenigstens verstanden zu werden; und andererseits soll eine solche Umschau dazu führen, die stärkste Triebfeder geistiger Anstrengung, das Interesse, zu wecken. Es ist hiernach selbstverständlich, daß der Lehrer der Naturwissenschaften an der zurzeit wichtigsten Erscheinung der Umwelt, die alle Bedingungen unseres Lebens geradezu in Frage stellt, nicht vorübergehen darf. Diese Forderung wird auch sachlich gerechtfertigt dadurch, daß sich in jedem der in Frage kommenden Fächer eine Fülle von Stoff zutage fördern läßt. Ebenso wie aus anderen technischen Gebieten holte sich der Physiklehrer auch schon bisher aus der Militärtechnik zahlreiche Beispiele zur Belebung des Unterrichts. Dies wird unter dem Einfluß des Krieges häufiger, wenn nötig unter Zurückdrängung anderer, an sich wichtiger Anwendungen geschehen. Ferner soll es meines Erachtens konkreter geschehen, d. h. mit stärkerer Betonung der besonderen in unserer oder der gegnerischen Militärtechnik eingeführten Hilfsmittel und Methoden, sei's auch unter gelegentlichem Verzicht auf die Allgemeinheit der Darstellung. Die Grenze des Erlaubten ist nicht scharf zu ziehen; sicherlich aber wäre sie überschritten, wenn wir wichtige Gesichtspunkte für die Zusammenfassung großer Gruppen von Erscheinungen aus dem Auge verlieren und dafür konkrete Einzelfälle aus der Kriegstechnik behandeln wollten. Man kann nicht das Ohmsche Gesetz beiseite lassen, um etwa eingehend bei der Feldtelegraphie oder den elektrisch geladenen Drahtverhauen zu verweilen. Der zweiten der aufgestellten Forderungen schließt sich noch die weitere an, solche kriegsmäßigen Anwendungen gelegentlich auch rechnerisch zu behandeln. Bisweilen wirken sie recht eindrucksvoll schon durch die obwaltenden Größenverhältnisse, und man braucht sich diese Wirkung nicht entgehen zu lassen, wie man ja auch bei ausgeführten Experimenten sich durchaus nicht den abstrakten Gedanken zu eigen macht, daß die Dimensionen des zur Anschauung Gebrachten in unterrichtlicher Hinsicht bedeutungslos seien.

Ich will versuchen, diese allgemeinen Überlegungen an einigen Beispielen zu erläutern.

1. Unter den allgemeinen Prinzipien der Mechanik gibt es einige, deren Gültigkeit durch keinerlei Voraussetzungen begrenzt ist, die vielmehr ausnahmslose Geltung haben. Dahin gehört der Satz von der Gleichheit der Wirkung und Gegen-

<sup>1)</sup> Nach einem Vortrag in der Ausstellung „Krieg und Schule“ in Berlin, am 26. April 1915.

wirkung. Diesen Satz und die mit ihm in Verbindung stehende Begriffsreihe Kraft, Masse, Beschleunigung haben namhafte Physiklehrer wie unser unvergeßlicher GRIMSEHL durch ballistische Schulversuche mit Erfolg zu erläutern versucht<sup>2)</sup>. Schon früher ist das ballistische Pendel in seinen beiden verschiedenen Formen (aufgehängtes Gewehr; aufgehängte Scheibe, gegen die geschossen wird) als lehrreiches Beispiel herangezogen worden, und es ist zu bedauern, daß es neuerdings vielfach verschwunden ist. In der neueren Geschütztechnik spielt der Rohrrücklauf eine entscheidende Rolle; hierbei wird bekanntlich die Energie des Rückstoßes, den das Geschützrohr erleidet, durch eine elastische Vorrichtung aufgespeichert, um sofort nach Beendigung des Schusses das Geschützrohr wieder vorzuziehen. Der Nutzen dieser Einrichtung besteht nicht etwa, wie oft angenommen wird, ausschließlich darin, daß die Lafette stehen bleibt und folglich das Rohr nicht neu gerichtet zu werden braucht, sondern auch in der geringeren Beanspruchung der Festigkeit der Lafette. Erst hierdurch ist es möglich geworden, auch die schwereren Kaliber fahrbar zu machen. Vor dem Kriege wurde als Grenze der Transportfähigkeit ein Kaliber von etwa 30 cm angesprochen. Heute denkt man hierüber anders; doch pflegt bei größerem Kaliber eine Zerlegung des Geschützes in mehrere Teile stattzufinden, die erst bei der Aufstellung wieder zusammengesetzt werden.

2. Die Ballistik, die wir soeben schon berührten, bildet das eigentliche Grenzgebiet von Kriegstechnik und Physik<sup>3)</sup>. Sehen wir hier von allen mit der Flugbahn zusammenhängenden Problemen ab<sup>4)</sup>, so sei wenigstens ein Beispiel (nach SCHWINNING) angeführt, das geeignet erscheint, den Begriff der lebendigen Kraft wirklich recht lebendig zu veranschaulichen: Die Granate eines 35,5 cm-Marinegeschützes wiegt 620 kg. Verläßt sie das Rohr mit einer Geschwindigkeit von rund 800 m/sec, so ergibt sich, daß ihre Energie das 2,9fache derjenigen beträgt, die ein D-Zug von 300 t (Lokomotive, Tender, Gepäckwagen, 4 sechsachsige Wagen) besitzt. Nach Zurücklegung einer Strecke von 4600 m, also in der kurzen Zeit von etwa 8 sec ist hiervon etwa ein Drittel durch den Luftwiderstand vernichtet; dieser muß also eine ungeheure Größe haben. Aber immerhin ist die Energie dann noch das Doppelte derjenigen des Zuges, vermag also, noch ganz abgesehen von der Explosionswirkung der Ladung, die gleichen zerstörenden Wirkungen auszuüben, die beim Zusammenstoß von zwei solchen Zügen auftreten.

3. Die Lehre von den Flüssigkeiten und Gasen bietet reichliche Gelegenheit, auf Fragen der Kriegstechnik einzugehen und zwar gerade auf die neuesten Errungenschaften dieser Technik, denen wir so viele Erfolge zu verdanken haben. Wenn wir statt rein theoretischer Auslassung über die Zunahme des Drucks beim Hinabsteigen in eine Flüssigkeit die bestimmte Angabe bieten, daß für ein Unterseeboot die normale Tauchtiefe 7 bis 10 m beträgt, daß aber der fünffache Betrag, und demnach ein Druck von 5 kg pro qcm Oberfläche vorkommen kann, und daß man dieser großen Kraft durch eine Wandstärke von 20 mm zu begegnen vermag, so haben wir sicherlich das Verständnis für jene Waffe gefördert, dabei aber auch das Interesse an unserem Gegenstand in höchstem Maße gesteigert. Bei der Betrachtung des Auftriebs wird davon zu reden sein, daß die an der Wasseroberfläche fahrenden Schiffe eine bestimmte, durch ihr Gewicht gegebene Tauchtiefe haben, daß aber bei

<sup>2)</sup> Diese Zeitschrift 16, S. 135 (1903).

<sup>3)</sup> In dem empfehlenswerten Bande der „Kultur der Gegenwart“, der die „Technik des Kriegswesens“ behandelt, werden in dem Abschnitt „Physik in Beziehung zur Waffentechnik“ von Becker nur ballistische Fragen behandelt.

<sup>4)</sup> In der Reihe der von der Königlichen Zentralstelle für den naturwissenschaftlichen Unterricht veranstalteten Vorträge waren die artilleristischen Vorgänge einem besonderen Vortrage vorbehalten.

Luftschiffen und Unterseebooten, die beide ganz innerhalb des Mediums fahren, verschiedene Höhenlagen willkürlich aufgesucht werden können, und zwar sowohl auf statischem wie auf dynamischem Wege. Der erstere wird beschritten mittels der Abgabe, beim Unterseeboot außerdem mittels der Aufnahme von Ballast. Im übrigen liegen die Auftriebsbedingungen beim Luftschiff und Unterseeboot sehr verschieden. Das Unterseeboot soll selbst dann, wenn es zum Zweck des Tauchens möglichst viel Wasserballast in die hierzu bestimmten Räume aufgenommen hat, aus Sicherheitsgründen noch einen gewissen Restauftrieb behalten. Dieser beträgt beispielsweise bei den englischen Tauchbooten der Klasse A ein Achthundertstel des Gewichts, nämlich 250 kg. Überwunden wird er beim vollständigen Tauchen auf dynamischem Wege, indem man mittels des Höhensteuers das Boot herabdrückt. Sollte also irgend etwas an den Maschinen versagen, so steigt das Boot empor, statt bis auf den Grund zu sinken. Die letzte Bemerkung deutet darauf hin, daß das U-Boot nach unten keine stabile Gleichgewichtslage besitzt. Ist nämlich in irgendeiner Höhenlage das Gewicht größer als der Auftrieb, so bleibt dies wegen der geringen Dichteänderung des Wassers in tieferen Schichten ebenso; das einmal begonnene Sinken würde sich also fortsetzen, und zwar mit konstanter Kraft. Es kommt aber noch hinzu, daß die neueren U-Boote die Luftmengen, die sie zum Auftauchen benötigen, nicht in den inneren, gegen Druck geschützten Raum nehmen, sondern nach Bedarf aus innerhalb liegenden Stahlflaschen in außerhalb liegende Behälter von schwächerer Wandung pressen und so das dort befindliche Wasser verdrängen. Diese Luft verhält sich demnach ebenso wie diejenige im Cartesianischen Taucher, einem Spielzeug, das überhaupt, wenn richtig benutzt, recht lehrreich ist. Selbst wenn Auftrieb und Gewicht genau gleich sind, wird beim geringsten Sinken die Luft ihr Volumen vermindern, der Auftrieb also kleiner werden. Das Sinken setzt sich fort, die Gleichgewichtslage war labil. Sicherlich haben bei früheren U-Bootsunfällen solche Verhältnisse mitgespielt, während wie gesagt, neuerdings alles so bemessen wird, daß selbst bei wassergefüllten Luftkästen noch ein Auftrieb bestehen bleibt.

Anders beim Luftschiff. Hier gelten zunächst alle Betrachtungen, die man für den in üblicher Weise nicht prall gefüllten Freiballon anzustellen pflegt, und die auch in viele Lehrbücher der Physik übergegangen sind: Beim Emporsteigen müßte sich entsprechend dem zunehmenden Gasvolumen der Auftrieb vermehren. In demselben Verhältnis verringern sich aber auch erstens die Dichte der umgebenden Luft, zweitens diejenige des Gases und folglich drittens der Unterschied beider. Da von dem letzteren der Auftrieb abhängt, bleibt er im ganzen konstant. Erst wenn beim Emporsteigen der Prallzustand erreicht ist, und nunmehr Gas austritt, verringert sich der Auftrieb, bis Gleichgewicht eintritt. Sobald aus irgend einem Grunde, z. B. durch Ventilziehen oder Beschattung eine Verkleinerung des Auftriebs eingetreten ist, erfolgt ein Sinken mit konstanter Kraft, das vor der Landung durch Ballastwurf oder bei den Luftschiffen durch dynamischen Auftrieb gebremst werden muß.

Diese einfachen Verhältnisse werden durch den Einfluß der Temperatur verwickelter. Vor allem aber tritt bei den Lenkluftschiffen, die für den Krieg ja bedeutend wichtiger sind, eine Fülle von neuen Problemen auf. Ihnen im Unterrichte eine Stunde zu widmen, ist nicht ohne Reiz, und deshalb sei auch hier dieser Punkt etwas eingehender behandelt. Zunächst seien einige Bemerkungen über den Fesselballon eingeschoben. Er bildet einen verhältnismäßig leicht zu transportierenden Beobachtungsstand, und hat deshalb eine hohe Wichtigkeit erlangt, z. B. für die Feuerleitung bei unsern weittragenden 42 cm Mörsern. Die ältere Form des Kugelballons leidet bekanntlich an dem Übelstande, daß die Kugel durch den Winddruck nach unten gedrängt wird, zumal wenn sich eine Einbeulung (Winddelle) auf ihrer Vorderseite bildet. Deshalb ist die Beobachtung bei schwankendem Winde bereits dann recht schwierig, wenn die Windgeschwindigkeit etwa 5 m/sec beträgt. Der bei uns

übliche Drachenballon bleibt hingegen auch bei böigem Winde von 10 bis 12 m/sec noch leidlich ruhig, weil jener nach unten wirkenden Komponente die Drachenwirkung entgegensteht, die durch den Winddruck auf die schräge Unterseite entsteht. Die Bildung jener Winddellen wird übrigens verhindert durch den Steuersack, eine Art weiten Schlauchs, der dem Drachenballon die bekannte charakteristische Form verleiht. Er ist vorn mit einem Windfang versehen und erhöht den Druck im Balloninneren dadurch, daß er einen daselbst angebrachten Luftsack entsprechend der Windstärke aufbläst.

Die Berechnung der Sehweite vom Fesselballon aus könnte eher Erfolg versprechen als bei einem hohen Berge, der ja meist nicht isoliert liegt. Sie ergibt unter Berücksichtigung der Strahlenbrechung für einen 600 m hohen Ballon 94 km. Die wirkliche Beobachtungsweite ist wegen unvollkommener Durchsichtigkeit der Luft viel geringer; sie beträgt 15, ausnahmsweise 25 km.

Die soeben gestreifte Frage der Formhaltung ist von besonderer Wichtigkeit bei den Lenkluftschiffen, für die sie die unerläßliche Voraussetzung der Steuerfähigkeit bildet. Bei dem unstarren System beruht die Form nur auf dem inneren Überdruck. Sie wird durch drei Umstände gefährdet, nämlich erstens durch den Druck des Windes gegen die Spitze. Diesem Einfluß kann man hier lediglich durch konstanten Überdruck im Innern begegnen; man hält ihn auf 40 mm Wassersäule. Zweitens durch Gasverluste, die, weil der Ballon von vornherein vollständig gefüllt ist, beim Aufsteigen eintreten und beim Wiederabsteigen bemerkbar werden. Dieser Übelstand wird bei den Luftschiffen von Parsevals in geradezu glänzender Weise beseitigt durch das System der Luftsäcke oder Ballonets. Diese werden mittels eines Radgebläses und dicker Schlauchleitungen von der Gondel aus ständig mit Luft gefüllt, jedoch nur mit einem Überdruck von 20 mm Wassersäule. Sie sind also gegenüber dem Gasdruck, der im Hauptteil des Ballons herrscht, nachgiebig, entleeren sich trotz des Gebläses beim Steigen, füllen sich beim Sinken und gewährleisten so die pralle Form. Offenbar hängt von ihrer Größe die absolute Höhe ab, bis zu der das Luftschiff zu steigen vermag. Bei zahlreichen Prallluftschiffen beträgt z. B. das Fassungsvermögen der Luftsäcke ein Viertel von dem des Gesamtvolumens. Daraus folgt, daß ein Aufstieg möglich ist bis zu einer Höhe, in der das Barometer drei Viertel des Standes am Erdboden zeigt, d. h. bis zu rund 2300 m<sup>5)</sup>. Der Einfluß der Strahlung, die in der Höhe größer zu sein pflegt als unten, wird allerdings sehr häufig die Ausdehnung des Gases vergrößern, so daß schon vor Erreichung jener Steighöhe die Luftsäcke entleert sein werden und ein Höhersteigen sich verbietet.

Der unterrichtliche Wert solcher Betrachtungen liegt auf der Hand. Seitdem sich im Physikzimmer fast jeder Lehranstalt eine Stahlflasche mit zusammengepreßtem Sauerstoff befindet, hatte man freilich in der Berechnung des noch vorhandenen Gasvorrats schon bisher für das Boylesche Gesetz eine Anwendung, die sich wohl kein eifriger Lehrer entgehen ließ. Sie war um so lehrreicher, da sich wegen der gleichfalls vorhandenen Kohlensäureflasche die Frage aufdrängte, warum man bei dieser den noch vorhandenen Vorrat nicht aus dem Druck zu bestimmen vermag. Daneben ist aber das Beispiel des Prallluftschiffs von besonderem Reiz, da es mit dem zunächst etwas abstrakt anmutenden Gasgesetz in einfachster Weise scheinbar entlegene aber hervorragend praktische Fragen zu verbinden gestattet, wie die, ob ein Luftschiff bestimmter Bauart die Höhe leidlicher Sicherheit gegen das Feuer des Feindes aufzusuchen gestattet.

<sup>5)</sup> Diese Zahl ergibt sich aus einer zur Berechnung im Kopfe recht geeigneten Annäherungsformel für die Höhe  $y - x$ . Es ist  $y - x = 16000 \cdot (b_x - b_y) : (b_x + b_y)$ . Die Ableitung dieser Formel aus der üblichen erfolgt, indem man zunächst zu natürlichen Logarithmen übergeht und sodann  $\ln \alpha - \ln \beta$  genähert gleichsetzt  $2(\alpha - \beta) : (\alpha + \beta)$ . Diese Formel führt in obigem Beispiel auf 2286 m, die übliche Formel auf 2296 m.

Eine dritte Gefahr droht der Formhaltung durch die Spannung der Seile, an denen die Gondel mit ihren schweren Lasten aufgehängt ist. Um diese an sich einfachen Verhältnisse, weiterhin aber auch die verschiedenen daraus folgenden Konstruktionen zu erläutern, habe ich ein Modell hergestellt. Es besteht aus einer starken elastischen Feder in Schraubenlinienform, die an einer Anzahl dünner senkrechter Federn wagerecht hängt. Sie bildet wie ein Prallballon einen langgestreckten Körper, der gegenüber einwirkenden Kräften, z. B. angehängten Lasten, seine Form leicht verliert. Um dies besser sichtbar zu machen, ist auf der Vorderseite eine Reihe von Pappscheiben befestigt, die unmittelbar die Mittellinie des Ballons darstellen können. Hängen wir die Gondel in der Gegend der Mitte auf, so entsteht eine starke Einknickung (Fig. 1). Wir begegnen ihr dadurch, daß wir zunächst zwei Seile nach den hochgetriebenen Enden führen und diese herunterziehen; sodann beseitigen wir die

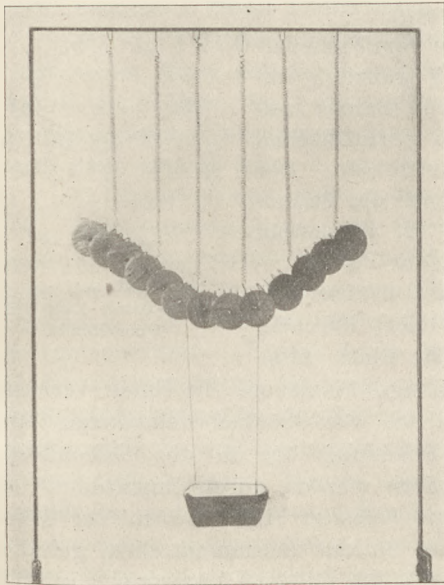


Fig. 1. Die in der Mitte aufgehängte Gondel bewirkt eine Knickung.

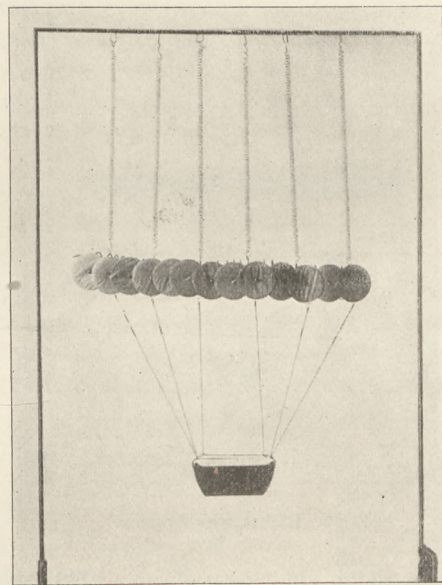


Fig. 2. Wahrung der geradlinigen Form durch Vermehrung der Seile.

übrig gebliebenen Hochbiegungen auf etwa ein Viertel und drei Viertel der Länge durch je zwei weitere Seile (Fig. 2). Auch hier führen einfache physikalische Überlegungen auf praktisch wichtige Aufgaben. Machen wir die Seile kurz, so ergeben besonders die nach den Enden geführten je eine wagerechte Komponente, die den Ballon zu verkürzen strebt und deshalb indirekt die Form beeinträchtigen kann. In Wirklichkeit werden deshalb die Seile ziemlich lang bemessen. Das führt jedoch, besonders im Augenblick des Anfahrens, zu einem sog. Kippmoment, d. h. die Gondel drängt, durch die an ihr befestigten Luftschrauben getrieben, nach vorn, und der Ballonkörper richtet seine Spitze nach oben. Diesem Übelstand begegnet man in der Praxis teils dadurch, daß die Gondel auf den Seilen um einen gewissen Betrag nach vorn gleiten kann, also das Vorderende des Ballons stärker belastet, teils durch Annäherung der Schrauben an den Ballonkörper, indem man die Achsenlager auf Auslegern hoch aus der Gondel hervorragen läßt.

Zu dem Modell gehört noch ein langgestreckter Gitterträger. Er ermöglicht (Fig. 3) die Verteilung der aufzuhängenden Lasten über die ganze Länge des Ballons, behält aber bei geeigneter Ausführungsweise vom unstarren System den Vorteil des

geringeren Gewichts und der leichteren Abrüstbarkeit bei. Erwähnt sei beiläufig, daß der durch den Versuch Fig. 3 dargestellte Grundgedanke bereits in den 70er Jahren durch den deutschen Baumeister HAENLEIN veröffentlicht worden ist. Als diese, wie überhaupt alle Formen des Lenkluftschiffes dann wesentlich später durch die Fortschritte im Motorenbau zur Ausführung reif wurde, entwickelte sich jener Gedanke hauptsächlich nach zwei Richtungen. Die eine führte durch Verschmelzung des Trägers mit der Gondel zu den sog. Langgondelschiffen, als deren erfolgreiche Vertreter u. a. die Clement-Bayard-Luftschiffe genannt werden können. Die andere ging auf eine Annäherung des Trägers an den Ballonkörper aus (Beispiel: Deutsches Militärluftschiff), die schließlich zu einer vollkommenen Verschmelzung mit ihm führte (Beispiele solcher „Kielgerüstluftschiffe“: Bauart Lebaudy, Bauart der italienischen Heeresverwaltung).

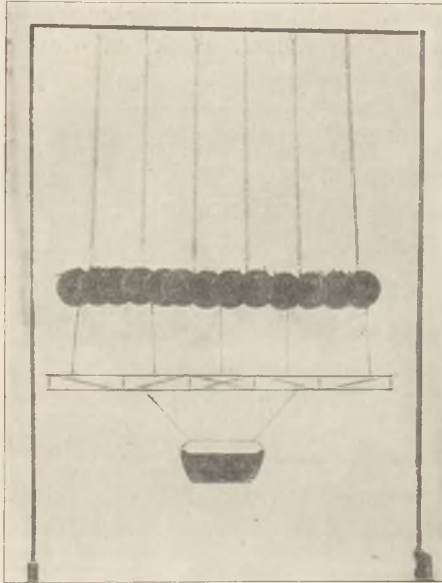


Fig. 3. Halbstarres System.

Diese Seile sind nur dünn, aber sehr zahlreich, so daß sie zusammen drei Seilwände bilden, die den Ballon der Länge nach durchziehen. Er erhält hierdurch einen hohen Grad von Starrheit, und zwar deswegen, weil man in der Lage ist, ohne zu starke Spannung der Hülle dem Füllgase einen hohen Druck zu geben; denn es ist bei gegebener Spannung der Druck dem Krümmungsradius umgekehrt proportional. Da die Radien der drei einzelnen Abschnitte erheblich geringer sind als der Radius eines gleich großen Ballons von kreisförmigem Querschnitt sein würde, ergibt sich die Richtigkeit der Behauptung. Erinnerung sei hierbei an den Versuch mit zwei Seifenblasen, die an den beiden Enden einer Röhre hängen, und von denen die kleinere ihren Luftinhalt in die größere treibt. Wir haben hier also wiederum den Fall, daß eine Erscheinung, die oft genug nur bei einer wissenschaftlichen Spielerei benutzt wurde, eine wichtige kriegstechnische Verwertung besitzt. Die Wichtigkeit gerade dieses Luftschiffsystems erhellt aus der Tatsache, daß ein in Frankreich gebautes, den Engländern gehöriger Vertreter dieser Bauart eine Geschwindigkeit von 82 km/Std. entwickelt hat. Daraufhin ist der Bau von sehr großen Luftschiffen dieser Art (23000 cbm) für die französische sowie die russische Heeresverwaltung begonnen worden.

Was die zweite Art von Luftfahrzeugen, die Flugmaschinen angeht, so bieten diese, obwohl sie der Schüler häufiger aus eigener Anschauung kennen lernt als die Luftschiffe, meines Erachtens weniger Anknüpfungspunkte für den Physikunterricht. Insbesondere sind alle quantitativen Betrachtungen recht schwierig. Andererseits

Eine vom Parsevalluftschiff gänzlich abweichende Bauart zeigen die französischen Prall-Luftschiffe. Der Querschnitt des Ballonkörpers ist dreilappig (Fig. 4), der Ballon besitzt also drei (unter Umständen vier) Furchen, die sich über seine

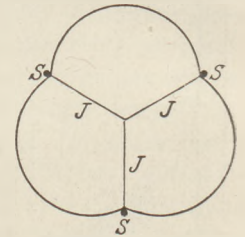


Fig. 4.  
Astra-Torres-Luftschiff  
(Querschnitt).

ganze Länge hinziehen. In ihnen verlaufen Stahlseile *S*. Sie drücken keineswegs durch eigene Spannung tief in den Ballonkörper ein, sondern werden durch Innenseile *J*, die an ihnen befestigt sind und in der Mittelachse des Ballons zusammentreffen, gehalten.

lassen sich, wie auch ein Blick in die Ausstellung „Krieg und Schule“ zeigt, durch die Schüler hübsche betriebsfähige Modelle anfertigen.

4. Aus dem Gebiete der Akustik und Wellenlehre seien einige Beispiele mit einer kurzen Erwähnung abgetan. Ein eigenartiger Fall der Schwingung von Stäben wird gebildet durch den Gewehrlauf beim Abfeuern. Bekanntlich hat CRANZ diese Schwingungen nach dem Verfahren von RAPS und KRIGAR-MENZEL photographiert und in gewissem Grade auch durch Aufstreuen von Sand auf ein über dem Lauf angebrachtes Blatt dargestellt. Nicht entgehen lassen wird man sich ferner die Betrachtung der Kopfwelle eines fliegenden Geschosses und tunlichst auch nicht die Berechnung der Geschosßgeschwindigkeit aus ihrem Öffnungswinkel. Eine weniger bekannte Anwendung ist die Betätigung eines mit Kontaktmembran versehenen Luftstoßanzeigers durch die Kopfwelle des vorbeifliegenden Geschosses. Es wird dadurch der Stromkreis des Chronographen unterbrochen, ohne daß man zu dem immerhin nicht bequemen Mittel greift, einen Drahtrahmen zu durchschießen.

Für die Fortpflanzung des Schalls in flüssigen Medien beschränkt sich der Unterricht in der Regel auf die Besprechung der klassischen Versuche von Colladon und Sturm im Genfer See. Hier bilden die Unterwasserschallsignale eine interessante kriegstechnische Verwertung, die allerdings bis jetzt eine hohe praktische Bedeutung noch nicht erlangt hat.

5. Ungleich wichtiger ist das Gebiet der Optik.

Zur Zeichengebung, zur mehr oder weniger genauen Durchsichtung, Ausmessung, Photographie des Kampfplatzes, nicht in letzter Linie auch zum Richten der Schußwaffen, ist neben älteren Vorrichtungen eine solche Fülle von neueren im Gebrauch, daß man fast sagen darf, der Optiker gehöre mit zu den erfolgreichsten Kriegstechnikern. Unter jenen älteren Apparaten sei der Heliographen, besser Heliotrope gedacht, die zwar vorzugsweise in Gegenden mit klarerem Himmel zur Anwendung gelangen, aber beispielsweise auch in der österreichischen Armee vertreten sind. Man ist dabei wieder zu sehr einfachen Ausführungsformen zurückgekehrt, nachdem früher u. a. Gauß Einrichtungen angegeben hatte, durch die das auf dem Spiegel errichtete Lot selbsttätig den Winkel Sonne—Zeichengeber—Zielstation halbierte. Bei der abgebildeten Einrichtung zielt man durch ein in der Spiegelmitte angebrachtes Loch über ein Fadenkreuz nach der empfangenden Station und dreht dann den Spiegel *S* mit der Hand und dem Trieb *T* so, daß ein

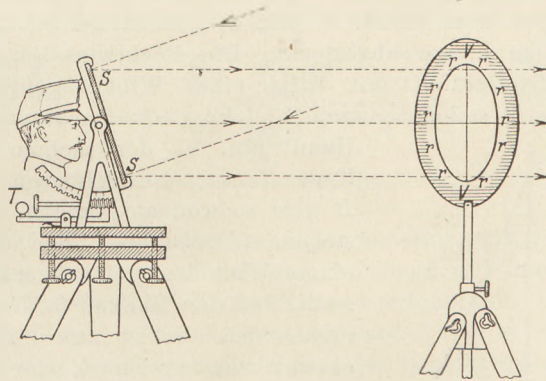


Fig. 5. Heliotrop (nach Niesiolowski-Gawin.  
Ausgewählte Kapitel der Technik).

Ring, in dessen Mittelpunkt das Fadenkreuz steht, ringsum von den Randpartien *rr* des reflektierten Büschels getroffen wird. Derartige Vorrichtungen dürften übrigens sehr wohl auch von Schülern in einfacher Form hergestellt und mit Vorteil bei Jungwehrlübungen benutzt werden können. Die Reichweite (etwa 100 km) geht weit über das hinaus, was unter gewöhnlichen Umständen erforderlich ist.

Gekrümmte Spiegel finden ausgedehnte kriegstechnische Anwendung bei den Scheinwerfern, bezüglich deren daran erinnert werden darf, daß zur Vermeidung der sphärischen Abweichung zuerst von einer deutschen Firma, den Schuckertwerken, der parabolische Schliff fabrikmäßig verwirklicht wurde<sup>6)</sup>. Ohne daß wir auf diese

<sup>6)</sup> Vgl. d. Zeitschr. 17, S. 175 (1904).

Apparate und ihre Anwendung näher eingehen, sei erwähnt, daß die bedeutende Verbesserung der Glühlampen auch gestattet, kleine Scheinwerfer mit ihnen auszurüsten und mit tragbaren Batterien, die ebenfalls besonders ökonomisch gebaut sind, zu betreiben. Ein derartiger sogenannter „Signalspiegel“ von DONATH konstruiert, dient zur optischen Telegraphie in einem Falle, in dem andere Verständigungsmittel fast versagen, nämlich für die Verbindung zwischen Flugzeug und Erde. Ein an dem Instrumente angebrachter Diopter ermöglicht, ihm die gewünschte Richtung zu geben; ein Druckknopf gestattet, durch Ein- und Ausschalten des Lämpchens Morsezeichen zu senden.

Der Vorgang der totalen Reflexion hat eine viel größere technische Bedeutung als früher erlangt durch die zahlreichen für militärtechnische und andere Zwecke gebauten Instrumente, in denen Reflexionsprismen benutzt werden. Wer sich noch der Zeit erinnert, in der in vielen Physikbüchern als einzige Anwendung solcher Prismen die sog. Camera lucida, das Zeichenprisma erwähnt war, der empfindet die inzwischen eingetretene Änderung besonders stark. Sehen wir hier von den Prismenfernrohren ab, die zwar in ungeheuren Mengen im heutigen Kriege benutzt werden, aber doch schon vor ihm von jedem Lehrer neben den anderen Fernrohrarten, man kann fast sagen an Stelle des terrestrischen Fernrohrs behandelt wurden, so bleiben zwei Arten optischer Instrumente bemerkenswert, die Entfernungsmesser und die Rundfernrohre. Die ersteren bilden in mannigfachen Ausführungsarten für den Mathematiker eine willkommene Gelegenheit, den Unterricht durch Besprechung, vor allem aber durch Ausführung von Messungen im Gelände zu beleben. Den Physiker interessiert als ein Konstruktionsteil, der bei vielen Entfernungsmessern wiederkehrt, der Winkelspiegel von  $45^\circ$ , der vorteilhaft durch das Prandtl'sche Prisma ersetzt wird<sup>7)</sup>. Man kann mit Hilfe der hierdurch ermöglichten Absteckung rechter Winkel zu einfachen Dreieckssätzen schöne Anwendungen finden. Als Beispiel diene der Entfernungsmesser von PASCHWITZ. Es wird senkrecht zu der von unserer Stellung  $A$  nach dem Feinde  $F$  (Fig. 6) gerichteten Sichtlinie eine Basis  $AC$  von beispielsweise 20 m Länge abgesteckt. Die Rechtwinkligkeit von  $FAC$  wird erzielt mit Hilfe eines Winkelspiegels, den der bei  $A$  stehende, nach  $C$  blickende Beobachter in der linken

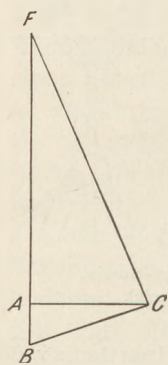


Fig. 6.

Hand hält. In der rechten hält er das Ende  $B$  eines ausziehbaren Bandes  $AB$ .  $B$  wird so weit ausgezogen, bis der bei  $C$  stehende Beobachter, der ebenfalls mit einem Winkelspiegel ausgerüstet ist, feststellt, daß der Winkel  $BCF$  ebenfalls ein rechter ist. Es ist nun  $AF = AC^2 : AB$  entweder auszurechnen, oder das Band  $AB$  besitzt eine Einteilung, die sofort  $AF$  abzulesen gestattet. — Ganz unzweifelhaft ist es, daß eine derartige Übung im Gelände dem Schüler die ganze Gruppe von Sätzen, die mit Fig. 6 zusammenhängen, schmackhaft zu machen geeignet ist.

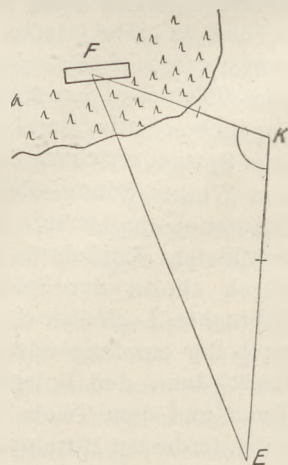


Fig. 7.

Die Berechnung schiefwinkliger Dreiecke findet wichtige neue Anwendungen infolge der in diesem Kriege zum ersten Male in größerem Umfange gebrauchten Hilfsmittel: Zielfernrohr und Fliegerphotographie. In Fig. 7 ist ein Beispiel für die Anwendung beider Hilfsmittel zusammen mit einem Entfernungsmesser gegeben.  $F$  sei eine feindliche Stellung, die für unseren eigenen Standpunkt  $E$  durch einen

<sup>7)</sup> Bei diesem tritt an Stelle der gewöhnlichen Spiegelung totale Reflexion (vgl. Fig. 8).



Wald verdeckt sei. Wird sie zugleich mit einem von  $E$  aus sichtbaren Kirchturm  $K$  von einem Flieger photographiert, und ist die Entfernung  $EK$  mittels Scherenfernrohres oder sonstigen Entfernungsmessers bestimmt, so können die Länge  $FK$  und der Winkel  $FKE$  aus der Photographie entnommen werden. Folglich sind alle Stücke des Dreiecks bekannt, insbesondere der Abstand  $EF$  und der Winkel  $E$ .

Ein bei  $E$  befindliches Geschütz wird nun in der Weise gerichtet, daß seine Seelenachse um einen der Strecke  $EF$  entsprechenden Winkel gehoben wird; und ferner wird ein am Geschütz angebrachtes und mit Kreisteilung versehenes Zielfernrohr mit seiner optischen Achse um den Winkel  $E$  gegen die Seelenachse nach rechts gedreht. Richtet man nunmehr das Fernrohr auf  $K$ , so steht das Geschütz richtig.

Die in der Praxis heutzutage vorwiegend angewendeten Entfernungsmesser sind meist technisch weniger einfach, aber in der Handhabung bequemer als Vorrichtungen nach Art der oben angegebenen. Unterscheiden können wir hauptsächlich zwei Arten. Die erstere, die auf dem stereoskopischen Prinzip beruht, ist allgemein bekannt. Im Unterrichte würde sich die Betrachtung etwa in folgender Weise an die üblichen Erörterungen anschließen: 1. Das Körpersehen beruht (vorwiegend) auf der Benutzung beider Augen. 2. Der Unterschied der beiden Bilder und damit die Tiefenunterscheidung wird durch Vergrößerung der Basis gesteigert (Scherenfernrohr). 3. Scheinbare Tiefenwahrnehmung durch geeignete Betrachtung zweier Bilder, die von verschiedenem Standpunkt aus aufgenommen sind (Stereoskop). 4. Dies angewendet auf ein in solcher Weise (oder künstlich) hergestelltes Paar von Bildern einer Reihe von Kilometersteinen, die im Gelände von vorn nach hinten verlaufen. 5. Einfügung dieser Bilder in die beiden Teile eines Doppelfernrohres an der Stelle, wo das reelle Bild entsteht.

Die zweite Art von Entfernungsmessern wird durch die Koinzidenztelemeter gebildet. Als Beispiel diene der Apparat von BARR und STROUT, der in Fig. 8 in wagerechtem Schnitt dargestellt ist.

Die vom Gegenstand herkommenden Strahlen treten durch die Öffnungen  $D_1 D_2$  ein. Sie durchlaufen auf der linken Seite das Prandtl'sche Prisma  $P_1$ , das Objektiv  $O_1$ , das Dachprisma  $d_1 p_1$  und das Okular.

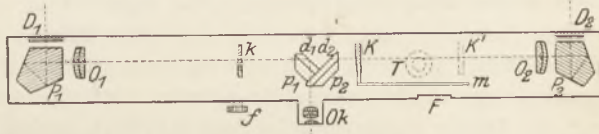


Fig. 8. Entfernungsmesser (nach Niesiolowski).

Diese Teile bilden für sich ein Prismenfernrohr. Entsprechendes gilt für die rechte Seite; nur wird hier noch ein Prisma  $K$  von kleinem brechenden Winkel durchlaufen, das mittels des Triebes  $T$  bis zur Stellung  $K'$  verschoben werden kann. Es ist im Gegensatz zum sonstigen Doppelfernrohr nur ein Okular angebracht. Die beiden Dachprismen sind so gestellt, daß jedes von ihnen nur die Hälfte des Gesichtsfeldes beherrscht. Man sieht also das Gesichtsfeld durch eine horizontale Linie in zwei Teilmilder zerlegt, die voneinander verschieden sind entsprechend der Entfernung  $D_1 D_2$ . Der seitliche Abstand, den der obere und untere Teil eines Gegenstandes im Gelände, z. B. eines Kirchturms voneinander haben, hängt von der Entfernung des Gegenstandes ab. Man kann diese deshalb durch die mehr oder weniger große Verschiebung einer Kompensationseinrichtung messen, welche zur Herstellung des Zusammenfallens der beiden Bildteile nötig ist. Als solche Einrichtung dient das Prisma  $K$ . Durch einen einfachen Versuch mit einem scharfkantigen Prisma, etwa einem von den drei Kron- und Flintglasprismen, die man zur Erläuterung der Geradsichtigkeit bzw. der Achromasie zu benutzen pflegt, kann man zeigen, wie die Stellung des Prismas  $K$  die Bildverschiebung beeinflusst. Dazu entwirft man das Bild eines Spaltes oder Glühfadens auf einem Schirm und lenkt es durch ein solches Prisma ab. Die Ablenkung ist desto geringer, je näher man das Prisma

an den Schirm bringt. Demnach gibt schließlich die bei  $F$  abgelesene Verschiebung ein Maß für die gesuchte Entfernung und man kann die Skala  $m$  direkt in Kilometer einteilen.

Die interessanteste optische Neuerung auf kriegstechnischem Gebiete ist unstreitig das Rundfernrohr auf dem insbesondere die Brauchbarkeit der Unterseeboote beruht. Der in Fig. 9 dargestellte Strahlengang

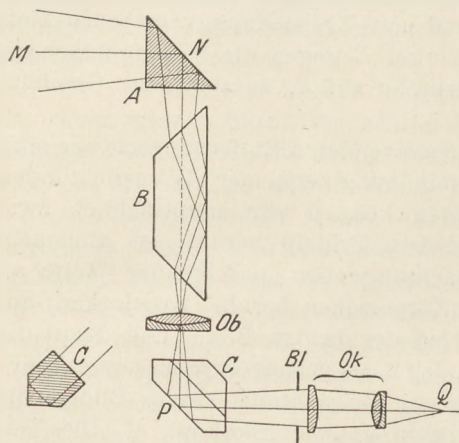


Fig. 9. Rundfernrohr.

erscheint zunächst ähnlich demjenigen in einer gewissen Ausführungsform des Prismenfernrohrs, im besonderen etwa eines Scherenfernrohrs, wenn man mit diesem über eine Mauer hinwegsieht. Das Prisma  $C$  kehrt, wie aus der Nebenfigur ersichtlich ist, in bezug auf rechts und links um. In bezug auf oben und unten hebt sich seine Wirkung mit derjenigen von  $A$  auf. Dies erkennt man durch Verfolgung des untersten bei  $A$  eintretenden Strahls, wenn man zunächst das Prisma  $B$  fortläßt. Als Zentralstrahl geht er ungebrochen durch das Objektiv und trägt in der Bildebene  $BI$  zur Erzeugung eines Bildpunktes bei, der oben liegt, wie bei einem astronomischen Fernrohr. Erst das Aufrichteprisma  $B$  bewirkt, daß das von unten kommende Strahlenbündel in der Bildebene unten einen Bildpunkt erzeugt.

Bekanntlich wird nun bei der Benutzung des Rundfernrohrs durch Drehung des an langem Rohre (7 m) emporgestreckten Prismas  $A$  der Horizont abgesucht. Offenbar würde bei einer Drehung dieses Prismas von  $180^\circ$  um die Vertikale, also bei Betrachtung eines gerade hinter dem Beschauer gelegenen Gegenstandes, das Bild auf dem Kopfe stehen. Allgemein: Es würde sich um ebensoviel Grad um eine wagerechte Achse drehen, wie sich das erste Prisma um eine lotrechte dreht. Diese die Betrachtung störende Erscheinung hebt man auf durch eine Drehung des Aufrichteprismas um die Vertikale, und zwar muß diese Drehung halb so groß sein wie die von  $A$ . Dieser eigentümliche Satz läßt sich nicht, wie bisweilen geschieht, durch den Hinweis darauf begründen, daß die Drehung eines zurückgeworfenen Strahls den doppelten Betrag hat wie die des Spiegels.

Natürlich hängen beide Erscheinungen als Folgen des Spiegelgesetzes miteinander zusammen. Aber auf die erstere führt folgende Tatsache unmittelbar hin:

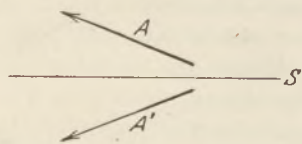


Fig. 10.

Befindet sich ein Stab  $A$  (Fig. 10) vor einem Spiegel  $S$ , so bildet er mit seinem Spiegelbilde  $A'$  den doppelten Winkel wie mit dem Spiegel. Nur befinden sich in unserem Falle  $A, A'$  und die Spur des Spiegels  $S$  nicht in derselben Ebene, sondern sie liegen hintereinander, etwa so wie bei folgendem Versuche:  $A$  sei ein Spalt vor der Projektionslampe,  $S$  die Hypotenusenfläche des Auf-

richteprismas,  $A'$  das Bild des Spaltes auf einem Schirm. Die Anstellung dieses einfachen Versuchs erscheint recht empfehlenswert, da sich hierbei die Drehung des Prismas sehr einfach mit derjenigen des Bildes vergleichen läßt.

6. Aus dem Gebiete der Elektrizität und des Magnetismus würde sich eine recht große Zahl von Beispielen anführen lassen. Doch ergibt die nähere Überlegung, daß es sich — beispielsweise in der Feldtelegraphie — mehr um besondere, für die Anwendung im Felde geeignete Apparatkonstruktionen als um Dinge handelt, die neue Anwendungen physikalischer Gesetze ausmachen. Vielleicht gilt das letztere für folgende beiden Fälle.

Elektrisch geladene Drahtverhaue haben bekanntlich den Zweck, den Gegner bei der Berührung zu töten oder doch zu lähmen. Es erhebt sich nun die Frage, ob die hierzu nötige hohe Spannung bestehen bleibt, wenn die Holzstützen der Drähte bei Regenwetter feucht sind, oder wenn der Gegner an irgendeiner Stelle einen geerdeten Draht an den Verhau heranzubringen vermag. Die Frage ist zu verneinen, die Spannung wird stark sinken, wenn sie von vornherein sehr hoch war, so daß auch minder gute Leitungswege einen starken Strom ableiten. Erschwerend fällt ins Gewicht, daß ein starker Strom zugleich mit hoher Spannung kaum zur Verfügung stehen wird, falls man nicht ungewöhnlich große Energiequellen heranziehen kann. Anders bei Spannungen mittlerer Höhe. Hier wird auch bei mangelhafter Isolation nicht gar zu viel Strom verbraucht; und selbst wenn ein ziemlich starker Strom abgeleitet wird, kann immerhin so viel Energie nachgeschoben werden, daß die Spannung nicht unter den notwendigen Betrag sinkt. Diese Verhältnisse bilden zweifellos eine eigenartige Anwendung der Betrachtungen, die man über den Spannungsabfall anzustellen pflegt.

Beim Magnetismus drängt sich ganz selbstverständlich das Problem des Kompasses auf Kriegsschiffen auf. Will man es etwas eingehender behandeln, so sind die Störungen, die durch die Stahlmassen im Schiff hervorgerufen werden, von denjenigen zu trennen, die die Eisenmassen verursachen. Bei ersteren wirkt das Schiff wie ein permanenter Magnet, und die Aufhebung der Störung kann nur durch ebensolche Magnete erfolgen. Die Eisenmassen wirken hingegen, indem sie vom Erdmagnetismus induziert werden, und diese Störung ist nur durch andere Eisenmassen zu kompensieren. Während man aber die permanenten Magnete so anordnen kann, daß ihre Pole entgegengesetzt denjenigen des Schiffskörpers liegen, ist dies bei den kompensierenden Eisenmassen nicht möglich; ihre Pole haben stets dieselbe Lage wie die der Eisenmassen des Schiffs, da sie ja durch dieselbe Ursache hervorgerufen sind. Man bringt trotzdem die entgegengesetzte Wirkung hervor, indem man das Eisen, etwa in Form von Kugeln rechts und links neben dem Kompaß anordnet. So entsteht gleichsam ein Feld in der Mitte eines unterbrochenen Magnets; es hat entgegengesetzte Richtung wie das Streufeld, das von dem gleichgerichteten, aber zusammenhängenden Magneten ausgeht, den ein Eisenbalken unterhalb des Kompasses bildet.

Alle diese Felder, nicht nur die des Stahls, sondern auch die des Eisens, werden nun aufs stärkste beeinflußt durch die ungeheure Erschütterung, die der Schiffskörper beim Auftreffen eines Geschosses, ja sogar schon beim Abfeuern eines Geschützes erfährt. Man veranschaulicht dies mit Hilfe eines Magnetometers, am besten eines solchen mit objektiver Spiegelablesung. Neben ihm wird ein Eisenstab in der Inklinationsrichtung aufgestellt, und zwar mit dem einen Ende so dicht an der Magnetnadel, daß diese um 10—20 Grad abgelenkt wird. Führt man mit einem Holzhammer einen kurzen Schlag auf den Stab aus, so wird der induzierte Magnetismus erheblich gesteigert, und die Ablenkung der Nadel wächst in der Regel bis zum Herausfliegen des Lichtzeigers aus dem Gesichtsfelde.

Bekanntlich haben alle diese Störungen neue, ebenso anziehende wie schwierige Probleme entstehen lassen, so die „Kompaßübertragung“, also die telegraphische Einstellung eines Zeigers von einem den Eisenmassen des Schiffes möglichst entlegenen Kompaß aus. Vor allem aber ist hier des Kreiselkompasses zu gedenken, dessen Prinzip durch den in fast allen Sammlungen vertretenen Gyrostaten, fast noch reiner durch den gewöhnlichen Kreisel zum Ausdruck kommt. Hier wie in vielen Fällen war freilich der Weg vom Grundgedanken zum technisch brauchbaren Erzeugnis sehr lang und schwierig, führte aber schließlich an das erstrebte Ziel<sup>8)</sup>. —

<sup>8)</sup> Vgl. diese Zeitschr. 24, S. 116 (1912).

Wir dürfen uns recht von Herzen darüber freuen, daß bei der Schaffung des gewaltigen physikalisch-technischen Rüstzeuges, das in diesem Kriege zum ersten Male zu so ausgedehnter Anwendung gelangt, die deutschen Erfindungen mit in erster Linie, in vielen Fällen, wie in der Optik und im Luftschiffbau, unbestritten an der Spitze stehen. Soll der physikalische Unterricht dies als Anlaß nehmen, auch seinerseits ein „Gesinnungsunterricht“ in vaterländischer Hinsicht zu sein, so wird er sich nichts vergeben, wenn er als Unterricht in einer der exakten Wissenschaften dennoch die nötige Objektivität zu wahren bemüht bleibt. Gewiß ist diese Bemühung dem Feinde gegenüber im Augenblicke weniger wichtig als die, ihn mit aller Kraft zu bekämpfen. Aber es braucht unser Zorn gegen die Feinde nichts von seiner Gewalt zu verlieren, wenn wir, je nachdem wie sich im Unterrichte dazu Gelegenheit bietet, den Leistungen unserer Gegner auf naturwissenschaftlichem Gebiete die ihnen gebührende Anerkennung widerfahren lassen. Das ist in der letzten Zeit wohl nicht immer geschehen. Aber ich meine: Wir können es uns leisten, objektiv zu sein.

## Aufgaben zur Himmelskunde.

Von

P. Luckey aus Elberfeld.

In dem Aufsatz „Denk- und Rechenaufgaben zur Himmelskunde“ (d. Zeitschr. XXVI, S. 284) wurde unter Anwendung schulmäßiger Vereinfachungen die Aufgabe gelöst: Den geozentrischen Lauf des Jupiter aus den „wahren“ Bewegungen des Jupiter und der Erde abzuleiten. Es sei hierzu noch einiges nachgetragen. Winkel, Zeit und Geschwindigkeit sind im folgenden ebenso gemessen wie in dem genannten Aufsatz.

1. Den geozentrischen Ort  $J'$  des Planeten zu einer beliebig gegebenen Zeit  $t$  durch Zeichnung und durch Rechnung zu finden. In dem Dreieck  $E_1SJ_1$  (Fig. 4, Seite 286) sind  $SE_1$ ,  $SJ_1$  und der eingeschlossene Winkel  $\alpha = 11t$  bekannt. Es läßt sich also der Winkel  $SJ_1E_1 = \beta = t - l$  und damit auch  $l$  finden. Besonders einfach sind Fälle wie folgende: Wo befindet sich  $J'$  „um 1 Uhr“, „um 3 Uhr“? ( $l = 36,9^\circ$ ;  $l = 101,3^\circ$ .) Die Aufgaben sind auch lösbar durch Einsetzen des gegebenen Wertes von  $t$  in die Gleichung 4) Seite 286, die das Wegzeitgesetz des geozentrischen Laufes des Planeten ausdrückt.

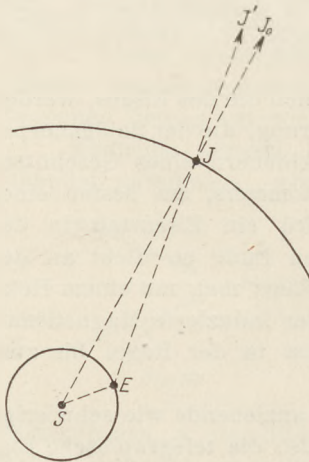


Fig. 1.

2. Der heliozentrische Ort von  $J$  werde mit  $J_0$  bezeichnet (Fig. 1).  $J_0$  läuft gleichförmig um, während  $J'$  um  $J_0$  hin- und herpendelt. Man bestimme Zeiten und Orte des größten Bogenabstandes  $J_0J'$ . ( $JE$  ist dann Tangente an die Erdbahn und der Planet steht in Quadratur.) Welche Geschwindigkeit hat  $J'$  in den Augenblicken des größten Bogenabstandes von  $J_0$ ? („Mittlere Bewegung“. Diese Stellungen hatten Seite 285 als rohe Annäherung der stationären Punkte gedient.) Was läßt sich dagegen von den Geschwindigkeiten bei der Konjunktion und bei der Opposition sagen? („Größte“ und „kleinste“ [d. h. stärkste rückläufige] „Bewegung“.)

3. Unter 5. des früheren Aufsatzes wurden die Orte und Zeitpunkte bestimmt, in denen  $J'$  stationär wird. Nachträglich sehe ich nun, daß Apollonius von Perga hierzu einen schönen geometrischen Satz fand, den Ptolemäus im Almagest, XII. Buch,

1. Kap. wiedergibt<sup>1)</sup>. Ins Kopernikanische und auf den vorliegenden Fall übertragen läßt sich dieser Satz so aussprechen:

Verlängert man die Verbindungslinie  $JE$  (Jupiter—Erde, Fig. 2) bis zum zweiten Schnittpunkt mit der Erdbahn, welcher  $F$  heiße, und halbiert man die Sehne  $EF$  in  $G$ , so ist  $J'$  stationär, wenn sich die Entfernungen des Sehnenmittelpunktes  $G$  von den beiden Planeten wie deren Umlaufzeiten verhalten (also hier, wenn  $GE:GJ = 1:12$ ).

Wir können auch sagen:  $J'$  ist stationär, wenn sich die Halbsehne  $EG$  zum äußeren Sekantenabschnitt  $JE$  verhält, wie die Winkelgeschwindigkeit von  $J$  um die Sonne zur Differenz der Winkelgeschwindigkeiten beider Planeten um die Sonne, also hier wie 1:11. Die Richtigkeit dieses Satzes im vorliegenden Fall erkennt man, wenn man in dem Ausdruck für die geozentrische Geschwindigkeit (S. 287 oben, erste Gleichung)

$$\text{Geoz. Geschw.} = \frac{dl}{dt} = \frac{12 \cos(12t-l) - 5 \cos(t-l)}{\cos(12t-l) - 5 \cos(t-l)} \quad 1)$$

wieder nach 2) und 3) auf S. 286 die Werte

$$\begin{aligned} 12t-l &= \alpha + \beta = \angle SEG \quad (\text{Fig. 2}) \\ t-l &= \beta = \angle SJG \end{aligned}$$

einsetzt. Dann hat man, da  $SE = 1$  und  $SJ = 5$  ist:

$$\begin{aligned} \text{Geoz. Geschw.} &= \frac{12 \cos SEG - 5 \cos SJG}{\cos SEG - 5 \cos SJG} = \frac{12EG - JG}{EG - JG} \\ &= 1 + \frac{11EG}{EG - JG} = 1 - \frac{11EG}{EJ} \quad 2) \end{aligned}$$

Aus dieser Gleichung erhält man den zu beweisenden Satz, indem man die Geoz. Geschw. gleich Null setzt.

Es erscheint wünschenswert, die durch die Gleichung 2) ausgedrückte Verallgemeinerung des Apollonischen Satzes auf eine mehr elementare Weise abzuleiten. Während bei Ptolemäus der Satz durch eine scharfe, aber langwierige rein geometrische Ableitung gewonnen wird, können wir folgendermaßen vorgehen: In Fig. 3 sei die Stellung von  $S$ ,  $E$  und  $J$  zu einer beliebigen Zeit gezeichnet. Da es nur auf die relativen Bewegungen ankommt, so dürfen wir annehmen, daß  $S$  und  $J$  stillstehen, während  $E$  mit der Differenzgeschwindigkeit 11 umläuft. Wir müssen dann gleichzeitig dem Sternhimmel  $St St$  eine Drehung im entgegengesetzten Sinne mit der Geschwindigkeit 1 zuschreiben. Während die Erde von  $E$  nach  $E_1$  geht, legt  $J$  von ihr aus gesehen den Winkel  $\gamma = -\angle EJE_1$  zurück. Bezeichnen wir den Winkel  $E_1FE$  mit  $\delta$ , so ist nach dem Sinussatz

$$\sin EJE_1 = -\sin \gamma = \sin \delta \cdot \frac{E_1F}{E_1J} \quad 3)$$

Macht man den Weg  $EE_1$  hinreichend klein, so geht diese Gleichung mit unendlicher Genauigkeit über in

$$-\gamma = \delta \cdot \frac{EF}{EJ}, \quad 4)$$

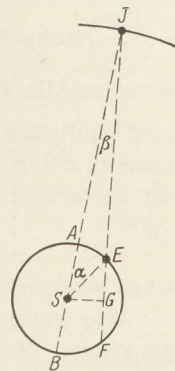


Fig. 2.

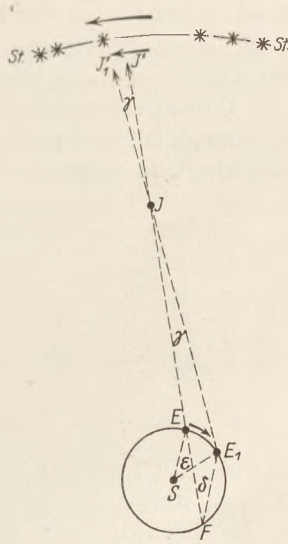


Fig. 3.

<sup>1)</sup> Neuere Ausgabe: Ptolemäus, Syntaxis, ed. Heiberg, Leipzig 1898 und 1903; Übersetzung: K. Manitius, Leipzig 1912 und 1913.

oder, wenn wir den Zentriwinkel  $ESE_1$ , der die Erdbewegung mißt, mit  $\varepsilon$  bezeichnen,

$$\gamma = -\frac{\varepsilon}{2} \cdot \frac{EF}{EJ}. \tag{5}$$

Der scheinbare Weg von  $J'$  in einer unendlich kleinen Zeit wäre also das  $\left(-\frac{EF}{2EJ}\right)$ fache der gleichzeitigen Bewegung von  $E$ , und da  $E$  die Geschwindigkeit 11 hat, wäre die Geschwindigkeit von  $J'$  gleich  $-\frac{11EF}{2EJ}$ . Da es uns aber auf die Geschwindigkeit von  $J'$  unter den Fixsternen ankommt, und diese nach der Annahme mit der rückläufigen Geschwindigkeit 1 umlaufen, so ist der obige Betrag um 1 zu vermehren, und wir erhalten

$$\text{Geoz. Geschw.} = 1 - \frac{11EF}{2EJ} = 1 - \frac{11EG}{EJ}, \tag{6}$$

ebenso wie in Gleichung 2).

Wie gesagt, stellt die Gleichung 6) eine Verallgemeinerung des apollonischen Satzes dar. Man kann nämlich aus der Lage der Sekante  $JEF$  (Fig. 2) für jeden beliebigen Augenblick das Verhältnis  $\frac{11EF}{2EJ}$  bestimmen und dann durch Subtraktion dieser Größe von 1 die geozentrische Geschwindigkeit von  $J'$ . (Nachdem die Quadraturstellung überschritten ist, sind dabei die Sehnen  $EF$  negativ zu rechnen.) Insbesondere erkennt man, daß die geozentrische Geschwindigkeit ihren größten Wert

$$1 - \frac{11(-SB)}{JB} = 1 - \frac{-11}{6} = 2 \frac{5}{6}$$

in der Konjunktion und ihren kleinsten Wert

$$1 - \frac{11SA}{JA} = 1 - \frac{11}{4} = -1 \frac{3}{4}$$

in der Opposition hat, und daß die genannte Geschwindigkeit in der Quadraturstellung gleich 1 wird, was wir schon früher feststellen konnten (mittlere Bewegung). Man erhält diese Ergebnisse auch analytisch, indem man in Gleichung 1) für  $t-l = \alpha$  und  $12t-l = \alpha + \beta$  die betreffenden Werte einsetzt.

Übung: Betrachte wie bei dem letzten Beweis  $S$  und  $J$  als ruhend und zeichne sie samt dem Halbkreis, den dann  $E$  von der Opposition bis zur nächsten Konjunktion zurücklegt, in möglichst großem Maßstab auf Millimeterpapier (vgl. Fig. 4). Teile den

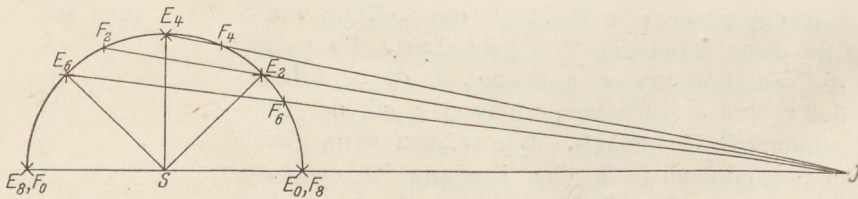


Fig. 4.

Halbkreis in 8 gleiche Teile (in der Figur sind 4 gezeichnet) und ziehe die Sekanten  $JEF$  zu diesen Erdstellungen. Lies die Längen  $EF$  und  $JE$  für jede Stellung ab. Da die Verhältnisse dieser Strecken zu bilden sind, können die Millimeterstriche zum Ablesen benutzt werden, auch bei den Sekanten, die das Netz schief durchschneiden. Bilde dann die geozentrischen Geschwindigkeiten  $1 - \frac{11EF}{2EJ}$  und stelle sie graphisch dar (Fig. 5). Da von der Konjunktion bis zur nächsten Opposition dieselben Sekantenwerte wiederkehren, so kann die Darstellung bis zu dieser Opposition symmetrisch ergänzt werden.  $O, U, Q, K$  kennzeichnen die Geschwindigkeitswerte in den Oppositionen, Umkehrpunkten, Quadraturen und der Konjunktion. Die Parallele

durch den Punkt +1 der Ordinatenaxe zur Abszissenaxe stellt die konstante Geschwindigkeit des mittleren Jupiter dar. Da die Flächenräume, die von der Abszissenaxe und den Bögen der periodisch fortgesetzt zu denkenden Kurve abgegrenzt werden (mit entsprechenden Vorzeichen) die Wege darstellen, d. h. die geozentrischen Längen  $l$ , so zeigt man leicht, daß die über der genannten Parallele liegenden Flächenstücke, absolut genommen, gleich den unter ihr gelegenen sein müssen.

4. Mit Hilfe des apollonischen Satzes lassen sich nun Zeit und Ort des Stationärwerdens in einfacher Weise bestimmen:

a) Durch Zeichnung. Man lege von einem beliebigen Punkte  $J$  der Jupiterbahn (Fig. 2) eine Sekante  $JEF$  an die Erdbahn so, daß

$$JE : JF = 11 : 13. \quad (7)$$

Um den Abstand des Stillstandpunktes von einer erfolgten oder einer bevorstehenden Opposition zu erhalten, hat man dann den Winkel  $JSE$  um  $\frac{1}{11}$  zu vergrößern (vgl. a. a. O. S. 285 Anm.). So kann man die der Figur 3 auf Seite 285 entsprechende strenge Figur herstellen.

b) Durch Rechnung. Da die beiden Beweise, die wir für den apollonischen Satz gegeben haben, ohne jede Schwierigkeit auf den allgemeinen Fall übertragen werden können, soll die Berechnung allgemein durchgeführt werden. Bezeichnet man mit  $E$  und  $J$  (Fig. 2) zwei beliebige Planeten, von denen  $J$  der obere sei, und sind  $SJ = R$  und  $SE = r$  die Halbmesser ihrer Bahnen,  $T$  und  $t$  ihre Umlaufzeiten, so ist nach dem Apollonischen Satz

$$GJ : GE = T : t, \quad GJ = \frac{T}{t} GE. \quad (8)$$

Ferner ist

$$GJ^2 - GE^2 = R^2 - r^2, \quad (9)$$

da sowohl die linke wie die rechte Seite dieser Gleichung die Potenz des Punktes  $J$  in bezug auf den Kreis  $AEFB$  ausdrückt. Setzt man den Wert von  $GJ$  aus 8) in 9) ein, so findet man

$$GE^2 = \frac{R^2 - r^2}{T^2 - t^2} t^2 \quad (10)$$

und nach Fig. 2:

$$SG^2 = SE^2 - GE^2 = r^2 - \frac{R^2 - r^2}{T^2 - t^2} t^2 = \frac{T^2 r^2 - R^2 t^2}{T^2 - t^2}, \quad (11)$$

$$\sin^2 \beta = \sin^2 SJE = \frac{SG^2}{SJ^2} = \frac{T^2 r^2 - R^2 t^2}{(T^2 - t^2) R^2} \quad (12)$$

$$\sin^2 (\alpha + \beta) = \sin^2 SEJ = \frac{SG^2}{SE^2} = \frac{T^2 r^2 - R^2 t^2}{(T^2 - t^2) r^2} \quad (13)$$

Die Ausdrücke 12) und 13) gehen durch Vertauschung von  $R$  mit  $r$  und  $T$  mit  $t$  ineinander über. Da eine unmittelbare Überlegung zeigt, daß, wenn von  $E$  aus gesehen  $J$  stillsteht, auch  $E$  von  $J$  aus gesehen stillsteht, so berechnen sich also die Stillstandpunkte der unteren und der oberen Planeten nach denselben Formeln. Die genannten Ausdrücke gehen ferner für  $R = 5$ ,  $T = 12$ ,  $r = 1$ ,  $t = 1$  in die Gleichungen 7) und 8) von Seite 287 über. Endlich vereinfachen sie sich noch, wenn man beachtet, daß nach dem dritten Keplerschen Gesetze

$$T^2 : t^2 = R^3 : r^3$$

<sup>2)</sup> Die Formel 12) stimmt wesentlich mit der Formel überein, die in den älteren Auflagen des astronomischen Anhangs zu Jochmann-Hermes für denselben, dort mit  $\varphi$  bezeichneten Winkel abgeleitet ist.

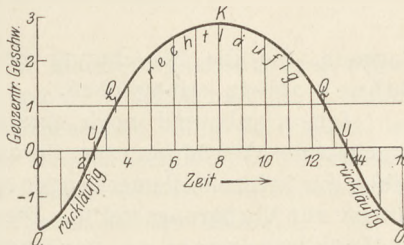


Fig. 5.

ist. Sie gehen dann über in

$$\sin^2 \beta = \sin^2 SJE = \frac{r^2}{R^2 + Rr + r^2}, \quad 14)$$

$$\sin^2 (\alpha + \beta) = \sin^2 SEJ = \frac{R^2}{R^2 + Rr + r^2}, \quad 15)$$

Formeln, die die Berechnung der Stillstandspunkte aus den Halbmessern der Bahnen allein ermöglichen.

Ich erlaube mir noch eine Nachbemerkung zu dem unter 2. der ersten Arbeit angegebenen Verfahren zur Bestimmung der Stillstandspunkte. Veranlassung dazu geben mir kritische Bemerkungen von Herrn Professor M. КОРРЕ, die mir die Redaktion gütigst zur Verfügung stellte. Diesen Bemerkungen verdanke ich auch Hinweise, die zu Veränderungen in der vorliegenden Arbeit geführt haben.

Meine Absicht war zunächst, ein Verfahren anzugeben, wonach der Anfänger rasch ein Bild des sichtbaren Laufs gewinnen kann, einen vorläufigen Entwurf, wie er in Fig. 3 auf S. 285 erscheint. Zu diesem Zweck wurde bewußt ein nicht unbeträchtlicher Fehler gemacht: es wurde nämlich für den gesuchten Augenblick des Rückläufigwerdens  $J$  als unbeweglich angesehen. Die Bewegung des kleinen Zeigers zu vernachlässigen, liegt dem ungeübten Denker nahe, wie man denn z. B. hören kann, daß die Uhrzeiger sich um 5 Minuten nach 1 Uhr decken. Es erscheint mir im vorliegenden Falle nicht verwerflich, einen derartigen Fehler anfangs zu machen. (Es wird sich empfehlen, als Vorbetrachtung  $J$  während eines ganzen Umlaufs von  $E$  ruhend zu denken und so die Parallaxe eines in der Ebene der Ekliptik liegenden Fixsterns abzuleiten. Hier würden, wenn man von anderen Einflüssen absieht, die Umkehrpunkte genau mit den Quadraturen zusammenfallen.) Man wird sich allerdings genau klarmachen müssen, was man vernachlässigt, nämlich die von  $E$  aus gesehene, durch die Bewegung von  $J$  hervorgerufene Verschiebung von  $J'$  auf dem unendlich fernen Hintergrund. Da man erkennt, daß sich nach dem betrachteten Augenblick (der in Fig. 3, S. 285 gezeichneten Quadratur) die durch die Bewegung von  $E$  hervorgerufene Verschiebung von  $J'$  auf dem Hintergrund bald sehr stark geltend macht, so sieht man, daß der wirkliche Stillstandspunkt erst um ein gewisses Stück später erreicht wird. Man ist aber gut genug mit den Bewegungen der Uhrzeiger vertraut, um sagen zu können, daß die vereinfachte Zeichnung schon eine rohe Annäherung gibt. (Man versetze sich nach  $E$ .) Während die Betrachtung natürlich für Mars und die unteren Planeten unmöglich ist, würde sie für die Planeten über Jupiter immer kleinere Fehler geben. Wollte jemand die Werte der Ausdrücke (14) und (15) für den Fall, daß  $R$  gegenüber  $r$  hinreichend groß ist, überschlagen, so würde er in erster Annäherung im Nenner  $Rr + r^2$  weglassen. Dann würde aber

$$\sin SJE = \frac{r}{R} \text{ und } \sin SEJ = 1,$$

und das Dreieck  $SJE$  würde bei  $E$  rechtwinklig werden. Diese Annahme habe ich schon für ein Verhältnis  $\frac{R}{r}$  gemacht, für das der Fehler noch nicht unbeträchtlich wird.

Die Angabe, das Verfahren sei in Lehrbüchern angegeben, beruht auf einem Irrtum, den ich hiermit berichtige.

Endlich möchte ich noch hervorheben, daß ich keine vollständige Behandlung des Gegenstandes habe geben wollen. Sonst hätte ich vor allem auf die wertvolle Punkt konstruktion der geozentrischen Bahn eingehen müssen.



## Herstellung von Fernrohr und Mikroskop im Handfertigkeitsunterricht.

Von

P. Nickel in Berlin.

Zur Herstellung von Fernrohr und Mikroskop in Handfertigkeitsübungen eignet sich weit besser wie das übliche Papprohr Messingrohr, welches nahtlos in vielen größeren Handlungen in bedeutender Auswahl verhältnismäßig billig zu erhalten ist. Die Instrumentchen mit Messingtuben erhalten bei einiger Sorgfalt der Herstellung ein recht schmuckes Aussehen; die nötigen Arbeiten sind: Metallschneiden, Löten in der Flamme, Polieren von Holz und Schleifen der Linsen an den Rändern.

Für die Übungen, die in den letzten 2 Jahren an der 14. Realschule in Berlin stattfanden, wurde Messingrohr hauptsächlich mit den Wandstärken 0,45; 0,75 und 1 mm (à kg zu ca. M 3,60; 3,40; 3,20) bei verschiedenen lichten Weiten (von 12 mm bis 40 mm) von der Firma Max Cochius, Messinghof, Berlin SW, Alexandrinenstr. 35, bezogen. Besonders viel wurde Rohr mit 0,45 mm Wandstärke gebraucht, weil sich hier das nächstdünnere Rohr (der äußere Durchmesser ist 0,1 mm kleiner wie der innere des vorhergehenden) bequem in das weitere Rohr einschieben läßt, während bei anderem Rohr gelegentlich ein Überschmiegeln nötig wird.

Angenommen, es stände Rohr von 28, 27, 26, 25 und 24 mm äußerem Durchmesser und 0,45 mm Wandstärke zu Verfügung, so hat der Schüler bei der Herstellung eines astronomischen Fernrohres zunächst von größeren Stücken mit Hilfe

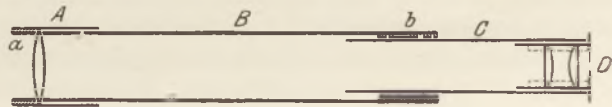


Fig. 1.

der Metallaubsäge die Teile A—D abzuschneiden (Fig. 1). Die Schnitte müssen senkrecht zur Achse des Rohres geschehen. Dazu empfiehlt es sich, ein Blatt Papier glatt um das Rohr zu legen, so daß die Randlinie in sich selbst zurückläuft und längs des Randes die Schnittlinie vorzureißen. Teil A aus beispielsweise Rohr mit 28 mm äußerem Durchmesser ist etwa 4—5 cm lang zu machen; A erhält einen Ring *a* von 0,5—1 cm Breite aus 27 mm Rohr, der in A einzulöten ist. Das Hauptrohr B, das dieselbe Weite wie *a* hat, muß etwa die Länge =  $\frac{3}{4}$  der Brennweite des Objectives bekommen und mit einem Einsatz *b* von 3—4 cm Länge versehen werden, der die Führung des Auszuges C übernimmt. Dieses Rohr C muß noch um  $\frac{1}{4}$  Brennweite des Objectives + Brennweite des Okulars aus dem Hauptrohr herausragen. Ist z. B. die Brennweite des Objectives = 40 cm, die des Okulars = 5 cm, so ist B 30 cm, C etwa 20 cm lang zu nehmen. Das Okularröhrchen D endlich hat etwa 6 cm Länge, es wird daran ein Okulardeckel aus Messingblech von 0,75 mm Stärke (1 qdm kostet etwa 10 Pf.) gelötet. Dies geschieht folgendermaßen: Das Stück Blech wird auf der einen Seite verzinkt, ebenso wie der Rand des Rohres, in welches zuvor ein Ring aus Kupfer- oder Messingdraht (1,5 mm Durchmesser) eingedrückt wurde, um die Ansatzfläche zwischen Rohr und Blech möglichst groß zu machen. Beide Teile werden dann zusammen auf ein Stativ gesetzt und von unten erhitzt, bis das Lot am Rande des Rohres gut durchschließt (eventuell mit etwas Lötlwasser betupfen). Das Blech ist schließlich am Rande zu beschneiden, zu befeilen und in der Mitte mit dem Spiralbohrer zu durchbohren. Die fertigen Röhren werden dann noch innen matt geschwärzt, indem man mit Hilfe

eines Wattebauschs, der etwa an einem Draht befestigt ist, eine Mischung von Ruß und schwacher Schellacklösung einträgt.

Ähnlich wie für das astronomische Fernrohr sind die Teile für das Galileische vorzubereiten. Das Hauptrohr *B* bei 25–30 cm Brennweite des Objektivs von 12–15 cm Länge, 35 mm äußerem Durchmesser und 0,45 mm Wandstärke erhält einen Ring von Rohr mit 34 mm Wandstärke und 0,75–1 mm Wandstärke, der eingelötet wird, während der Ring *a'* nur zum Klemmen der Linse in *A* eingedrückt wird (Fig. 2). Das Rohr *C* schiebt sich in dem Führungsstück *b*, das seinerseits in einem Stück Holzrohr von 2,5–3 cm Länge festsetzt. Das Holzrohr war vom Drechsler in Stücken von ca. 10 cm Länge bezogen, die 34 mm äußeren und 24 mm inneren Durchmesser hatten.

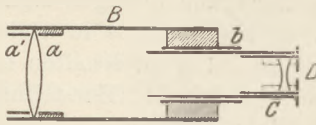


Fig. 2.

Das Mikroskop (Fig. 3) erhält eine Röhre von 16 cm Länge und 24 mm lichter Weite, welche in einem Führungsstück des nächststärkeren Rohres sitzt und 2 Büchsen *D*, die Objektiv und Okular enthalten. Gelegentlich ist gleich das Auszugrohr des astronomischen Fernrohrs hier zu benutzen. Die Maße wurden so gewählt, daß auch die gebräuchlichen Okulare der käuflichen Mikroskope in das Rohr passen. Das Tischchen *T* (5 × 5 cm) ist aus Messingblech gefertigt und an der entsprechenden Stelle mit einem 7 mm Spiralbohrer durchbohrt. Der Spiegelhalter *S* wurde aus einem Scharnier hergestellt, auf dessen eine Hälfte ein an den Rändern umgebogenes Messingblech direkt in der Flamme gelötet wurde zur Aufnahme eines kleinen Spiegels. Die Maße für das Stativ betragen 16 × 10 cm für das Grundbrett, 15–16 cm für die Höhe des Trägers, welcher 3,5 × 4 cm Stärke besaß. Die Holzteile wurden mit Schellacklösung gestrichen und dann mit Leinöl poliert.

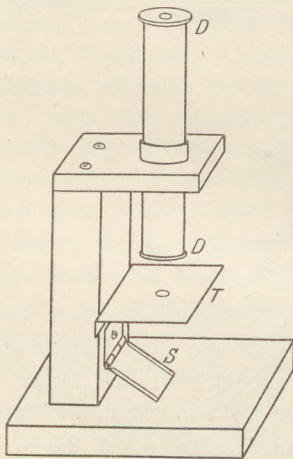


Fig. 3.

Was nun die Linsen betrifft, so wurden als Objektive Brillengläser mit 18–50 cm Brennweite (6–2 Diopt.) verwendet, wie sie roh beim Optiker für 30–40 Pf. zu erhalten sind. Die Linsen wurden durch Abkröseln des Randes mit Hilfe einer Beißzange, die schwer verstellbar war, etwa auf die richtige Größe gebracht und am Rande auf einem gewöhnlichen Schleifstein geschliffen, bis sie gut in die entsprechende Röhre paßten. Die Gläser für die Okulare würden sich beim Optiker zu teuer stellen, weswegen nach billigeren, die den Dienst erfüllen, Umschau gehalten wurde. Die Firma Georges Carotte & Co. in Nürnberg liefert beispielsweise 1 Dtz. plankonvexe

Linsen von 20 mm Durchmesser und ca. 10,8 cm Brennweite zu M 0,60 und 1 Dtz. bikonkave Linsen von 20 mm Durchmesser und 5,4 cm Zerstreungswerte zu M 1,08. Man erhält auch Linsen mit Durchmessern von 25 bis 30 mm mit denselben oder größeren Brennweiten, auch bikonvexe Linsen, von denen gelegentlich solche mit 17 mm und 40 mm Durchmesser und 3,5 resp. 30 cm Brennweite gebraucht wurden; die ersteren als Lupen, die letzteren als Objektive der Galileischen Rohre. Prismen mit 18 × 40 mm Seitenfläche kosten 1 Dtz. M 2,40. Die plankonvexen Linsen wurden nach Art des Ramsden-Okulars zu zweien hintereinander gestellt oder auch zu dreien vereinigt, so daß 2 mit den Krümmungen zusammengestellte Linsen das Augenglas bildeten. Die äquivalente Brennweite betrug 6 cm resp. 4 cm. Die Linsen wurden mit Hilfe von durchbohrten Korken in der Fassung gehalten.

Einige Male wurden auch astronomische Ferngläser gebaut, die bei kräftigem Rohr mit achromatischem Objektiv von 40 mm Öffnung und 48 cm Brennweite und mit Okularen von 2 oder 1 cm äquiv. Brennweite ausgestattet waren. Zweiteilige

achromatische Objektive erhält man vergleichsweise billig bei Gustav Heide, Dresden (1 Objektiv mit 40 mm Öffnung kostet M 20). Die Okulare sind billiger bei Peter Schüll, Frankfurt a. M.-Bockenheim, und bei Reinfelder und Hertel, München. Auch alte Huygensokulare von Mikroskopen mit 2,5 und 2 cm Brennweite sind gelegentlich billig zu haben. Bei diesen größeren Tuben ging das Zugrohr ähnlich wie beim Galileischen Rohr in einer Holzbüchse; die Unkosten für Messing betragen etwa M 2; bei 50facher Vergrößerung zeigten sie den Saturnring. Bei einiger Sorgfalt ist es nicht schwer, sich einen 2- oder 2 $\frac{1}{2}$ -Zöller vergleichsweise billig herzustellen.

Als Objektiv für das Mikroskop wurde gewöhnlich die Linse eines Fadenzählers (70 Pf.), die etwa 2 cm Brennweite besitzt, benutzt. Die Messingfassung wurde an den Ecken befeilt, bis sich die Linse gut zentrisch in die Büchse einführen ließ. Der Deckel der Büchse besaß etwa 4 mm Öffnung; aber hinter der Linse mußte noch eine Blende (Karton oder Zinkblech) mit nur 2 mm Öffnung angebracht werden, sollte das Bild nicht unscharf werden. Das Gestell des Fadenzählers kann leicht zu einem Spiegelhalter zurecht gemacht werden. Bei reicheren Geldmitteln läßt sich statt des billigen ein gutes Objektiv verwenden, das mit Hilfe eines geeigneten Verbindungsstückes in das Zugrohr eingeführt wird. Die Brennweite darf nicht zu kurz sein, weil die Einstellung aus freier Hand stattfindet; mit einem Himmler-Objektiv von 11 mm Brennweite ließ sich noch gut arbeiten.

Die Okulare der astronomischen Rohre sind noch leicht mit einer Einsteckhülse, die ein Haar oder einen feinen Faden enthält, zu versehen, und lassen sich dann zu bescheidenen Spektralapparaten, Quadranten, Spiegelsextanten und Ablesefernrohren verwenden; gewöhnlich dienten sie zur Beobachtung des Mondes.

Berlin, Andreas-Realgymnasium.

## Unipolare Rotation und Induktion.

Von

Prof. Dr. J. Kollert in Chemnitz.

Zur Einübung der Gesetze der mechanischen Wechselwirkung zwischen magnetischen Feldern und elektrischen Strömen sowie des Elementargesetzes der induzierten Ströme benutze ich gern die in Fig. 1 skizzierte Anordnung: Ein zylindrischer Magnetstab mit dem magnetischen Moment  $m$ , dem Polabstand  $l$  und dem Durchmesser  $2a$  ist vertikal zwischen zwei Spitzen gelagert. In seiner Äquatorebene ist horizontal und in der Richtung eines Durchmessers verlaufend ein Kupferdraht angebracht, von dem in den Abständen  $a_1$  und  $a_2$  von der Drehachse Kupferspitzen nach unten in zwei mit Quecksilber gefüllte Metallrinnen eintauchen (in Wirklichkeit nimmt man, wie auch in Fig. 1 gezeichnet, des Gleichgewichts wegen zwei entgegengesetzt laufende Drähte). Läßt man nun, z. B. von der inneren zur äußeren Rinne, durch diese Drähte einen Strom von insgesamt  $J^d$  fließen, so setzt sich bekanntlich der Magnet unter der Einwirkung seines eigenen magnetischen Feldes auf die radialen Ströme in Rotation, und zwar erfolgt diese, wenn der Nordpol oben liegt, gemäß der Linke-Hand-Regel von oben gesehen dem Uhrzeiger entgegen. Unter der vereinfachenden Annahme, daß man das wirksame Feld des Magnets in seiner Äquatorebene als von

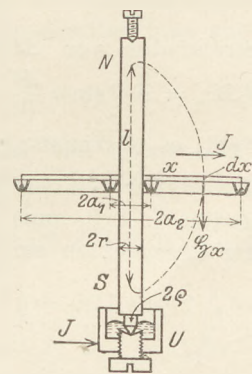


Fig. 1.

den beiden punktförmigen Polen  $N$  und  $S$  von der Stärke  $\frac{m}{l}$  ausgehend ansehen

darf, ist es nicht schwer, das auf den Strom ausgeübte Drehmoment zu berechnen; es ist nämlich

$$D_{a_1, a_2} = \int_{a_1}^{a_2} \mathfrak{H}_x \cdot \frac{J}{10} \cdot dx \cdot x.$$

wo  $\mathfrak{H}_x = \frac{m}{\sqrt{\left(x^2 + \frac{l^2}{4}\right)^3}}$  ist. Man erhält so:

$$D_{a_1, a_2} = \frac{m}{l} \cdot \frac{J}{10} \left( \frac{1}{\sqrt{\frac{a_1^2}{l^2} + \frac{1}{4}}} - \frac{1}{\sqrt{\frac{a_2^2}{l^2} + \frac{1}{4}}} \right).$$

Hierin kann im Grenzfall  $a_1 = a$  werden.

Um wenigstens die Richtung des errechneten Drehmoments nachzuweisen, ließ ich einen der Fig. 1 entsprechenden Apparat anfertigen, nur zunächst mit der Vereinfachung, daß ich die innere Quecksilberrinne wegließ und den Strom  $J$  von unten durch den Quecksilbernaf  $U$  zuführte; dieser mußte also erst den Magnet selbst durchlaufen, ehe er in die horizontalen Kupferdrähte eintrat. Zu meiner anfänglichen Überraschung drehte sich die Vorrichtung bei den angenommenen Strom- und Magnetisierungsrichtungen sehr lebhaft genau in der entgegengesetzten Richtung, wie sie oben berechnet worden war. Ich hatte bei der vereinfachten Ausführung übersehen, daß auch der Magnet selbst als Stromleiter durch sein inneres magnetisches Feld beeinflusst werden mußte, und daß das hierdurch entstehende Drehmoment wegen der entgegengesetzten Richtung des inneren Feldes (bei uns von unten nach oben) die umgekehrte Richtung besitzen muß wie das äußere.

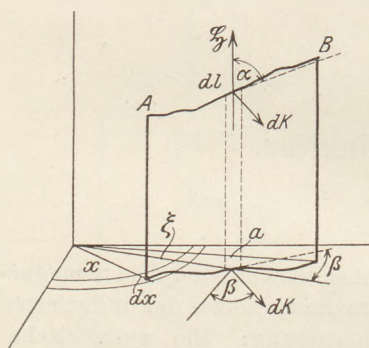


Fig. 2.

Um dieses innere Drehmoment  $D_i$  zu finden, müssen wir den körperlichen Strom  $J$  in seine linearen Stromfäden  $\Delta J$  auflösen. Diese verlaufen zunächst parallel zur Achse (und zum inneren Feld) von unten nach oben, um irgendwo seitlich nach dem horizontalen Kupferdraht hin abzubiegen. Dies geschehe für einen solchen Faden im Punkt  $A$  im Abstand  $x$  von der Achse des Magnets (s. Fig. 2), und der Faden bilde bis zu seiner Austrittsstelle  $B$  nach dem Kupferdraht, die im Abstand  $a$  von der Achse liegt, irgendeine Räumkurve, von der  $dl$  ein Element sei. Dieser Stromfaden von  $\Delta J$  Amp. liefert alsdann ein Drehmoment  $\Delta D_x$ , dessen Element  $d\Delta D_x = \mathfrak{H} dl \sin \alpha \frac{\Delta J}{10} \cos \beta \xi$  ist. Hierin ist  $\mathfrak{H}$  das im Innern des Magnets verlaufende Feld; es ist konstant, und im Mittel  $\mathfrak{H} = \frac{4 \pi m}{\pi a^2 l}$ .  $\alpha$  ist der Winkel zwischen  $\mathfrak{H}$  und  $dl$ , und  $\beta$  der Winkel, den die Projektion von  $dl$  auf die Horizontalebene mit dem Radius  $\xi$ , d. h. auch der Winkel, den das auf dieser Projektion senkrechte  $dK$  mit der Senkrechten auf  $\xi$  einschließt. Dann ist also

$$\Delta D_x = \int_x^a \mathfrak{H} dl \sin \alpha \frac{\Delta J}{10} \cos \beta \xi.$$

$dl \sin \alpha$  ist die horizontale Projektion von  $dl$ , und diese mit  $\cos \beta$  multipliziert gibt deren Projektion auf den Radius  $\xi$ , so daß  $dl \sin \alpha \cos \beta = d\xi$  gesetzt werden kann, und demzufolge

$$\Delta D_x = \mathfrak{H} \frac{\Delta J}{10} \cdot \frac{a^2 - x^2}{2}$$

wird. Es ist also  $\Delta D_x$  nur von der Entfernung der Endpunkte  $A$  und  $B$  des Stromfadens  $\Delta J$  von der Achse, nicht aber von seinem sonstigen Verlauf abhängig, oder für jeden im Abstand  $x$  von der Achse irgendwo innerhalb des Feldes, d. h. für jeden auf einer Zylinderfläche mit dem Radius  $x$  beginnenden Stromfaden, erhalten wir dasselbe Drehmoment. Wir können das auch aus folgender einfachen Überlegung ohne große Rechnung ableiten: Jedes Element eines Stromfadens können wir in eine axiale, eine tangentielle und eine radiale Komponente zerlegen, von denen nur die letztere einen Beitrag zum Drehmoment liefert. Dieses Drehmoment ist demnach für jeden Stromfaden  $\Delta J$  Amp., der im Abstand  $x$  cm von der Achse beginnt, gleich dem Produkt aus der axialen Feldstärke  $\mathfrak{H}$ , mal  $\frac{\Delta J}{10}$ , mal der Summe der radialen Komponenten  $a-x$  und mal dem Abstand des Mittelpunktes der Strecke  $a-x$  von der Achse, d. h. mal  $\frac{a+x}{2}$ .

Nun tritt in unserem Apparat (Fig. 1) der Strom durch einen amalgamierten Kupferzapfen von der Dicke  $2\varrho < 2a$  in den Magnet ein; es liegt also für alle Stromfäden der Anfang zwischen den Grenzen  $x=0$  und  $x=\varrho$ , d. h., wir erhalten

$$D_i = \sum_0^{\varrho} \Delta D_x.$$

Wegen der gleichmäßigen Stromverteilung in der Eintrittsfläche von der Größe  $\pi\varrho^2$  dürfen wir  $\Delta J = \frac{J}{\pi\varrho^2} 2\pi x dx$  setzen und erhalten so, wenn wir für  $\mathfrak{H}$  ebenfalls seinen Wert einsetzen:

$$D_i = \int_0^{\varrho} \frac{4\pi m}{\pi a^2 l} \frac{J}{10\pi\varrho^2} 2\pi x dx \frac{a^2 - x^2}{2} = 2 \frac{m}{l} \frac{J}{10} \left(1 - \frac{\varrho^2}{2a^2}\right).$$

Könnten wir also den gesamten Strom im Endpunkt der Achse eintreten lassen, dann wäre  $\varrho=0$  und

$$D_{i,0} = 2 \frac{m}{l} \frac{J}{10}.$$

Das andere Extrem wäre der Eintritt von  $J$  durch die ganze Basisfläche, d. h.  $\varrho=a$  oder

$$D_{i,a} = \frac{m}{l} \frac{J}{10}.$$

Lassen wir also  $J$  durch den Zapfen mit dem Durchmesser  $2\varrho$  ein- und durch die äußeren Drahtspitzen mit dem Abstand  $2a_2$  in die äußere Quecksilberrinne austreten, so erhalten wir als wirksames Drehmoment

$$D = D_i - D_{a_1, a_2}.$$

Bei unserem Apparat ist der Wolframstahlstab 20,2 cm lang und 1,8 cm dick. Sein Gewicht ist 407 g, sein magnetisches Moment (magnetometrisch in I. Gaußscher Hauptlage gemessen)  $12900 \text{ C}^{\frac{5}{2}} \text{ G}^2 \text{ S}^{-1}$ . Rechnen wir nach Kohlrausch den Polabstand gleich  $\frac{5}{6}$  der Länge, so wird  $\frac{m}{l} = 767 \text{ C}^{\frac{3}{2}} \text{ G}^2 \text{ S}^{-1}$ . Ferner ist  $2\varrho = 0,77 \text{ cm}$ ,  $2a_2 = 16 \text{ cm}$ ,  $2a_1 = 3 \text{ cm}$ . Mit diesen Zahlenwerten findet man  $D_{a_1, a_2} = 40,0 J$ ;  $D_{a, a_2} = 41,55 J$ ;  $D_i = 139,5 J$ , und somit  $D = 97,95 J$ , wobei  $J$  immer in Ampere zu messen ist. Dabei machte der Apparat mit  $J = 50 \text{ A}$  etwa 25 Umdrehungen in der Minute; das Drehmoment wäre dabei 4897,5 cm-Dyn oder sehr nahe 5 cm-Grammgewicht. Weniger lebhaft und erst bei stärkerem Strom erfolgt die Drehung, wenn der Strom über den Weg  $a_1, a_2$  geleitet wird; außerdem ist die Drehrichtung dann die umgekehrte.

Man könnte etwa in folgender Weise diese Drehmomente zu messen versuchen: Man läßt den Magnet oben mit einem feinen Zapfen in Steinlager laufen (die untere Spitze ruht in einer Achatpfanne) und befestigt am oberen Ende eine Spirale von einem Drehspulgalvanometer. Die Reibung kompensiert man durch die Wirkung eines Wechselstromelektromagnets auf die sogleich zu erwähnende Kupferscheibe, so daß durch die Torsion der Spiralfeder die Drehmomente der Ströme und magnetischen Felder genau angegeben werden.

Man hat aber ein viel einfacheres und bequemer Mittel, um die oben entwickelten Formeln nachzuprüfen, indem man den Magnet durch einen Schnurwirtel in Umdrehung versetzt und die dabei induzierten elektromotorischen Kräfte galvanometrisch mißt. Denn nach dem durch das Prinzip von der Erhaltung der Energie ergänzten Lenzschen Gesetz besteht zwischen diesen und den Drehmomenten die Beziehung:

$$10^{-7} D \omega = EJ,$$

wenn  $\omega$  die Winkelgeschwindigkeit,  $D$  das Drehmoment bei einer Stromstärke von  $J$ -Amp. in cm-Dyn bedeutet, und wenn  $E$  in Volt gemessen wird. Bedeutet  $n$  die Umlaufzahl des Magnets in der Minute, so ist  $\omega = \frac{2\pi n}{60} S^{-1}$ .

Schaltet man das zur Messung von  $E$  benutzte Galvanometer zunächst zwischen einen Punkt der Achse und eine in der Äquatorebene auf dem Magnet schleifende Feder, so hat man

$$D = D_{i,0} = 2 \frac{m}{l} \frac{J}{10}$$

zu setzen und erhält

$$E = 10^{-8} \frac{2m}{l} \frac{2\pi n}{60} \text{ Volt.}$$

Um den einen Kontakt genau in die Achse verlegen zu können, bildet das obere Lager eine Stahlkugel von 4 mm Durchmesser, welche in einer Bohrung der Lagerschraube liegt und hier gegen seitliche Berührung durch ein Elfenbeinfutter geschützt ist (Fig. 3). In das Ende des Magnets ist ein mit konischer Vertiefung versehenes Messingstück eingeschraubt, in der die Kugel liegt. Zur Verbindung mit dem Galvanometer dient eine in den die Lagerschraube tragenden Messingbalken eingesetzte Klemmschraube.

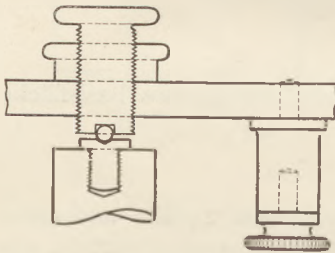


Fig. 3.

Wurde nun der Magnet mittels des Schnurwirtels und einer Holzscheibe mit Kurbel in rasche Umdrehungen versetzt, so ergab sich bei 12 Umdrehungen in der Sekunde zwischen dieser oberen Klemme und einer auf dem Magnet in seiner Äquatorebene schleifenden Feder eine E.M.K. von  $1120 \cdot 10^{-6}$  Volt, während die Rechnung  $1158 \cdot 10^{-6}$  Volt ergibt.

Um auch die Induktion durch das äußere Feld zu untersuchen, ist auf der Mitte des Magnets eine Kupferscheibe von 17,2 cm Durchmesser befestigt. Allgemein ist dann die in einer radialen Strecke von der Länge  $a_2 - a_1$  (s. Fig. 1) induzierte E.M.K. aus der Beziehung

$$10^{-7} D_{a_1, a_2} \omega = EJ$$

zu ermitteln, woraus folgt:

$$E_{a_1, a_2} = 10^{-8} \frac{m}{l} \left( \frac{1}{\sqrt{\frac{a_1^2}{l^2} + \frac{1}{4}}} - \frac{1}{\sqrt{\frac{a_2^2}{l^2} + \frac{1}{4}}} \right) \frac{2\pi n}{60} \text{ Volt.}$$

Läßt man somit auf dem Rande der Kupferscheibe und auf dem Äquator des Magnets selbst zwei Federn schleifen, die man mit dem Galvanometer verbindet, so

ist  $a_1 = a = 0,9$  cm zu setzen, während  $a_2 = 8,6$  cm ist. Für 12 Umdr. i. d. Sek. ergibt dann die Rechnung  $E_{a, a_2} = 261 \cdot 10^{-6}$  V, während  $219 \cdot 10^{-6}$  V beobachtet wurden.

Natürlich kann man die induzierten E.M.-Kräfte auch direkt aus dem Elementargesetz der Induktion finden:

$$de = 10^{-8} dl \cdot \mathfrak{H} \sin \alpha \cdot v \cos \beta \text{ Volt,}$$

worin  $dl$  das Leiterelement,  $\mathfrak{H} \sin \alpha$  die auf  $dl$  rechtwinklige Komponente von  $\mathfrak{H}$  und  $v \cos \beta$  die auf der Ebene  $(\mathfrak{H}, dl)$  rechtwinklige Komponente der Geschwindigkeit bedeutet. Man erhält dann genau dieselben Werte, wie oben angegeben. Bei der Berechnung von  $E_i$  hat man dann zu beachten, daß dieses der Mittelwert der in einem zylindrischen Kern vom Radius  $\rho$  induzierten E.M.K. ist; für einen Ring vom inneren Durchmesser  $2x$ , d. h. von der Breite  $a - x$  (Fig. 4), ist aber

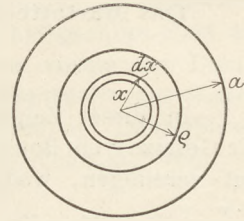


Fig. 4.

$$e_x = 10^{-8} \mathfrak{H} (a - x) \frac{a + x}{2} \frac{2 \pi n}{60}$$

und

$$E_i = \frac{1}{\pi \rho^2} \int_0^\rho e_x 2\pi x dx,$$

woraus

$$E_i = 10^{-8} \cdot 2 \frac{m}{l} \left(1 - \frac{\rho^2}{2a^2}\right) \frac{2 \pi n}{60}$$

erhalten wird. Für  $\rho = 0$  ergibt dies den oben gefundenen Wert.

Der beschriebene Apparat, von dem Fig. 5 eine Gesamtansicht bietet, hat insofern ein großes theoretisches Interesse, als die mit ihm anzustellenden Versuche den Beweis liefern, daß das magnetische Feld eines zylindrischen Magnetstabes, der in bezug

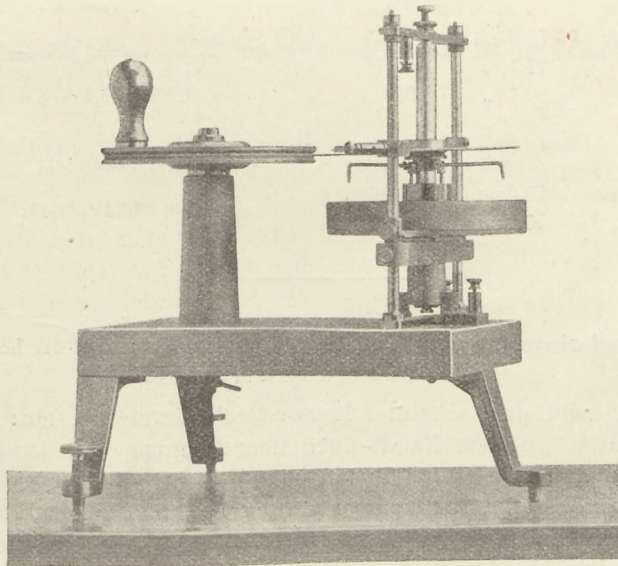


Fig. 5.

auf seine Achse vollkommen symmetrisch magnetisiert ist, bei einer Drehung um diese Achse sowohl außerhalb des Magnets als auch in seinem Innern still steht, daß also der Äther, welchen wir uns als Sitz des als „magnetische Polarisation“ oder „magnetisches Feld“ bezeichneten Zwangszustandes zu denken haben, relativ gegen die bewegte Materie in Ruhe bleibt.

## Kleine Mitteilungen.

### Das Mariotte-Gay-Lussacsche Gesetz (Zustandsgleichung der Gase) in den physikalischen Übungen.

Von Prof. **Th. Backhaus** in Duisburg.

In dieser Zeitschrift (1914, Heft 2) beschreibt Herr A. KELLER Versuche über die Gesetze von Boyle-Mariotte und Gay-Lussac. Diese beiden Versuche lassen sich gut vereinigen, wodurch man eine Bestätigung der Zustandsgleichung der Gase  $\frac{v \cdot p}{T} = R$  erhält. Zu dem Ende verschließt man die Röhren, die den Dampf zu- und ableiten, mit Schlauchstücken und Klemmen, und führt neben der Melde-Röhre ein Thermometer in den Kork ein. Nun füllt man die weite Röhre mit Wasser, dessen Temperatur man durch Zuleiten von Dampf bei geöffneten Klemmen verändern kann. Durch Verschieben der Melde-Röhre kann man es erreichen, daß nur das abgesperrte Gasvolumen sich im Wasser befindet. Man kann nun drei Versuche anstellen, ähnlich wie bei der Bestätigung des Boyle-Mariotteschen Gesetzes. Bei horizontaler Lage des Apparates ist die Temperatur  $t_1$  und der Druck  $p_1$  gleich dem Barometerstand. Bei vertikaler Lage (vorherige Zuführung von Dampf) ist die Temperatur  $t_2$  bzw.  $t_3$  und der Druck  $p_2$  bzw.  $p_3$  gleich dem Barometerstand plus oder minus der Quecksilbersäule in der Röhre. Man erhält so drei zusammengehörige Werte von  $v$ ,  $p$  und  $T$  und bestätigt, daß  $\frac{v_1 \cdot p_1}{T_1} = \frac{v_2 \cdot p_2}{T_2} = \frac{v_3 \cdot p_3}{T_3}$  ist.

Aus zwei Schülerversuchen ergaben sich folgende Resultate, wobei zu bemerken ist, daß auf getrocknete Luft und sonstige Feinheiten des Versuches keine Rücksicht genommen wurde.

I.			Resultat:
$v$	$p$	$t$	$\frac{v_1 \cdot p_1}{T_1} = \frac{v_2 \cdot p_2}{T_2} = \frac{v_3 \cdot p_3}{T_3}$
25,4 ccm	75,6 cm	27,5°	6,38 ~ 6,4 ~ 6,6
27,8 "	71,1 "	35,7°	
26,8 "	80,1 "	52°	
II.			Resultat:
$v$	$p$	$t$	
17,34 ccm	75,6 cm	29°	4,34 ~ 4,41.
19,72 "	70,8 "	43,8°	

### Bewegungserscheinung beim Kondensieren von Dampf in kaltem Wasser.

Von **H. Rebenstorff** in Dresden.

Noch nicht beschrieben scheint folgende Beobachtung zu sein: Leitet man einen kräftigen Dampfstrom (größerer Rundkolben über Flamme ohne Drahtnetz) aus einem Rohr mit etwa 2 mm weiter Spitze in ein zum Teil mit Wasser gefülltes Becherglas (ungefähr 100 ccm), das abgetrocknet auf glatter Tischfläche steht, so bleibt das Gefäß nur dann in Ruhe, wenn das Einströmen in der Mitte des Wassers erfolgt. Nähert man aber die senkrecht oder schräg gehaltene Spitze einer Wandstelle des Glases, so bewegt sich das ganze Glas mit dieser Wandstelle auf die Spitze zu. Geht man mit dem Rohre an einen andern Punkt der Gefäßwand, so wandert jetzt dieser an die Spitze heran. Fast verschwindend wird die scheinbare Anziehung, wenn die Spitze bis nahe an den Gefäßboden oder zweitens nur wenig unter die Oberfläche gesenkt wird. Auch ein größerer Luftgehalt des Wassers schwächt die Wanderung des Gefäßes. In frisch der Leitung entnommenem Wasser ist sie zunächst unbedeutend, nimmt aber bald an Schnelligkeit zu, wenn während des laut prasselnden Verdichtens



und Erwärmen ein Teil der gelösten Luft in der bekannten Trübung emporsteigt. Die Bewegung hört erst auf, wenn die Blasen im erhitzten Wasser sehr groß werden.

Man könnte nun versuchen, die Wanderung des Glases dadurch zu verstärken, daß man das Glas beweglicher macht. Bringt man aber das halbgefüllte Glas auf Wasser in einem großen Gefäß zum Schwimmen und leitet wie vorhin den Dampf hinein, so wirken die Dampfmengen eher abstoßend auf eine Wandstelle des Glases. Bewegend wirken also die durch den Luftdruck beim Schwinden der Dampfblasen entstehenden heftigen Erzitterungen des Gläschens auf der Tischfläche, wenn sie exzentrisch stattfinden.

### Eine einfache Messung im magnetischen Feld.

Von Dr. E. Magin in Hamburg.

$A$  und  $B$  seien 2 gleichstarke und gleichnamige Pole. Es soll der Verlauf der Kraft auf der in  $D$  errichteten Mittelsenkrechten betrachtet werden. Ein mit  $A$  und  $B$  gleichnamiger Pol ist im Punkte  $D$  im Gleichgewicht. Bewegt man den Pol aus dem Punkte  $D$  heraus auf der Mittelsenkrechten, so nimmt die Kraft zunächst zu, um dann wieder abzunehmen. Das Maximum der Kraft soll bestimmt werden. Der Pol befindet sich in  $P$ .  $AD = e$ ,  $AP = r$ ,  $DP = x$ . Die vom Pol  $A$  auf  $P$  ausgeübte Kraft sei, wenn  $P$  in  $D$  liegt,  $K_0$ . Für irgendeinen Punkt  $P$  ist die Kraft  $PQ$  dann:

$$PQ = K_0 \cdot \frac{e^2}{r^2}.$$

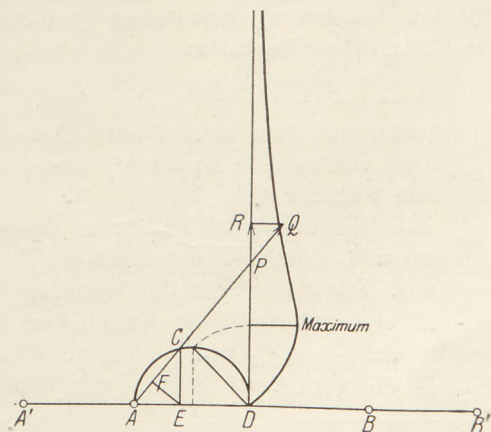
Die in die Richtung der Mittelsenkrechten fallende Komponente  $PR$  ist also:

$$PR = K_0 \cdot \frac{e^2 \cdot x}{r^3} = K_0 \cdot \frac{e^2 \cdot x}{(x^2 + e^2)^{\frac{3}{2}}}.$$

Diese Funktion hat für  $x = \frac{e}{2} \sqrt{2}$  ein Maximum. Das ist die Diagonale des Quadrats mit der Seite  $\frac{e}{2}$ .

Für irgendeinen Punkt  $P$  auf der Mittelsenkrechten läßt sich die Größe der Kraft  $PR$  sehr leicht auf folgende Weise konstruieren. Die Kraft  $K_0$  sei durch die Strecke  $AD$  dargestellt. Man schlägt dann über  $AD$  den Halbkreis, zieht  $AP$ , erhält den Schnittpunkt  $C$ , zieht  $CE \perp AD$  und hat in  $EF \perp AP$  die gesuchte Kraft  $PR$ . Die in der Figur gezeichnete Kurve ist so hergestellt, daß die auf diesem Wege konstruierten Kräfte  $PR$  als Ordinaten senkrecht zu  $DP$  aufgetragen sind.

Das Maximum in der Entfernung  $\frac{e}{2} \sqrt{2}$  vom Punkte  $D$  läßt sich experimentell mit der Grimsehl'schen Polwage sehr scharf bestimmen. Man legt 2 Magnetstäbe mit den Nordpolen gegeneinander  $AA'$  und  $BB'$ . Bei einem durchgeführten Versuch waren die Stäbe 30 cm lang, und war die Entfernung  $AD = 10$  cm. Man markiert sich durch ein Fadenlot die Senkrechte in  $D$ . Die Grimsehl'sche Polwage wird auf ein leicht verstellbares Tischchen gestellt, so daß man den freien Nordpol der Wage bequem auf der Vertikalen verschieben kann. Durch das Laufgewicht bringt man die Wage in irgendeiner Stellung ins Gleichgewicht. Dann verschiebt man das



Tischchen und tastet auf diese Weise das magnetische Feld auf der Vertikalen ab. Der Punkt der maximalen Kraft läßt sich bis auf mm bestimmen.

Zu überlegen ist noch, ob die in  $A'$  und  $B'$  liegenden Südpole das Maximum wesentlich verschieben können.

Es sei  $DA' = d$ . Die Kraft des Poles  $A'$  auf den Punkt  $D$  ist:

$$K_0' = K_0 \cdot \frac{e^2}{d^3},$$

demnach die auf  $P$  ausgeübte Komponente  $PR'$  in der Richtung  $PD$ :

$$PR' = K_0 \cdot \frac{e^2 \cdot x}{(x^2 + d^2)^{\frac{3}{2}}}.$$

$P$  erfährt also im ganzen die Kraft:

$$PR - PR' = K_0 \cdot e^2 \left( \frac{x}{(x^2 + e^2)^{\frac{3}{2}}} - \frac{x}{(x^2 + d^2)^{\frac{3}{2}}} \right).$$

Das Maximum dieser Kraft tritt dann ein, wenn

$$(x^2 + d^2)^{\frac{5}{2}} (e^2 - 2x^2) - (x^2 + e^2)^{\frac{5}{2}} (d^2 - 2x^2) = 0$$

ist. Für den ausgeführten Versuch war  $d = 4e$ . Danach muß also

$$(x^2 + 16e^2)^{\frac{5}{2}} (e^2 - 2x^2) - (x^2 + e^2)^{\frac{5}{2}} (16e^2 - 2x^2) = 0$$

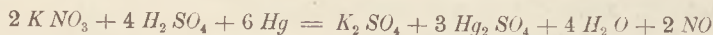
sein.

Man findet, daß für  $x^2 = 0,497e^2$  diese Gleichung befriedigt wird. Der Einfluß des Südpoles verschiebt demnach das Maximum von der Stelle  $x = 7,07$  cm ( $e = AD = 10$  cm) auf die Stelle  $x = 7,04$  cm; er kann also praktisch vernachlässigt werden.

### Ein Reversions-Nitrometer.

Von Prof. Dr. O. Lubarsch in Berlin.

Nitrometer sind bekanntlich Apparate, durch welche der Stickstoffgehalt von Nitraten, besonders organischen (Schießbaumwolle, Dynamit und ähnlichen), nach der Crumschen Reaktion:



unmittelbar aus dem hierbei entwickelten und gemessenen Stickoxyd bestimmt wird.

Der vorliegende Apparat<sup>1)</sup> besteht aus der Gasbürette  $A$ , dem Rezipienten  $R$  und dem Füllrohr  $C$ .

Die Gasbürette ist an ihrem oberen offenen Ende schräg aufwärts zur Seite gebogen und nicht weit unterhalb der Biegung zu einer etwa 25 ccm fassenden Kugel erweitert. Dicht oberhalb der letzteren liegt der Nullpunkt der Teilung; diese selbst beginnt erst unterhalb der Kugel, dem Inhalte der letzteren gemäß, mit 30 und erstreckt sich — in  $\frac{1}{5}$  ccm — bis zu 80 ccm hinab. Noch 5 cm weiter nach unten schließt die verengerte Bürette mit dem Gashahn  $a$ . Unterhalb desselben verengert

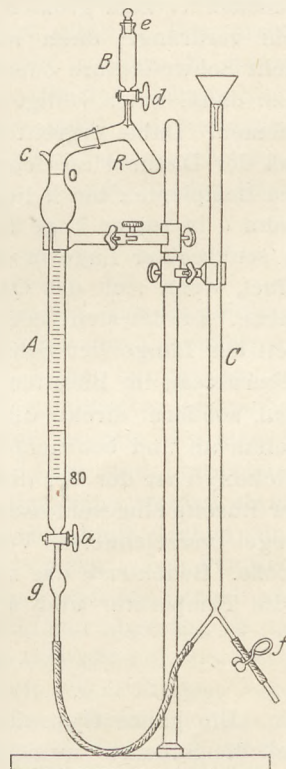
<sup>1)</sup> Ich habe ihm wegen der bei der Operation vorkommenden Umkehrung seines Rezipienten den Namen „Reversions-Nitrometer“ beigelegt. Der von mir in Anlehnung an das Lungesche Nitrometer bei Gelegenheit von Schießwolluntersuchungen in Berlin und im Torpedolaboratorium zu Kiel konstruierte Apparat wird jetzt von der Firma Leppin & Masche, Berlin SO., Engelufer 17, geliefert. Er ist zuerst — mit geringfügigen Änderungen in der Konstruktion — im Osterprogramm des Friedrichs-Realgymnasiums von 1885 beschrieben.

sich die Bürette zu dem mit einer kleinen kugelförmigen Erweiterung versehenen Rohre *g*, über dessen unteres Ende beim Gebrauche des Apparats der die Bürette mit dem Füllrohr verbindende starke Gummischlauch geschoben und gut befestigt wird.

In die obere seitlich sich öffnende Mündung der Bürette ist der Rezipient *R* eingeschliffen. Er besteht aus einem kurzen, am einen Ende geschlossenen, in der Hälfte seiner Länge unter ungefähr  $120^\circ$  gebogenen Rohr, an welches an der Außenseite der Biegungsstelle der etwa 6 ccm fassende Scheidetrichter *B* angeblasen ist. Des letzteren unteres Ende mündet als hervorragende Spitze innerhalb der Anschmelzung im Rezipientenrohr; er kann durch den Hahn *d* von dem Rezipienten abgeschlossen werden und trägt in seiner oberen Mündung den eingeschliffenen Stöpsel *e*. Der Rauminhalt des in die Bürette eingefügten Rezipienten, bis zum Nullpunkt gemessen, ist auf der Kugel vermerkt.

Das Füllrohr *C* teilt sich an seinem unteren verengerten Ende in zwei Schenkel, deren einer durch den Hahn *f* verschlossen ist, während der andere mit dem Verbindungsschlauch kommuniziert. Sowohl die Bürette als auch das Füllrohr lassen sich in ihren Klemmen mit Leichtigkeit auf und ab bewegen. Wirklich eingeklemmt ist im allgemeinen nur das Füllrohr; die Bürette ruht für gewöhnlich — um sie leichter herausnehmen zu können — nur mit ihrer oberen Kugel in der zum Durchlassen des Bürettenrohres halb geöffneten Klemme.

Zur Ausführung einer Bestimmung wägt man etwa 0,3 g der fein geriebenen und gut getrockneten Substanz in einem nicht zu weiten Röhrchen ab und schüttet sie in den Rezipienten ein. Dieser wird in die Bürette eingesetzt und mittels eines starken Gummiringes, welcher einerseits um den Haft *c*, andererseits in den einspringenden Winkel des Rezipienten bei *d* greift, in seiner Lage vollkommen gesichert; er kann nun selbst durch einen ziemlich hohen Druck innerhalb der Bürette nicht herausgeworfen werden. Bürette und Füllrohr werden durch einen starken, ganz reinen und trockenen, an den Enden gut befestigten Gummischlauch verbunden, der Hahn *a* geschlossen, *d* geöffnet und *e* entfernt. Dann gießt man das Füllrohr etwa halb voll Quecksilber, läßt es durch allmähliches Öffnen des Hahnes *a* ganz langsam bis über diesen steigen und stellt das Füllrohr so ein, daß das Niveau in beiden Röhren sich in dieser Höhe befindet. Durch Zusammendrücken des Schlauches und wiederholtes Heben und Senken des Bürettenrohres wird jede Spur etwa in dem Schlauche oder im Rohre *g* zurückgebliebener Luft entfernt und durch das Füllrohr Quecksilber zugegossen, bis dessen langsam steigendes Niveau den Nullpunkt über der Bürettenkugel erreicht hat. Der Meniskus ist sorgfältig zu berücksichtigen. Dann werden die Hähne *a* und *d* geschlossen und Temperatur und Barometerstand notiert. Jetzt gießt man in den kleinen Trichter *B* reine konzentrierte Schwefelsäure, öffnet den Hahn *a* und senkt das Füllrohr, bis das Niveau in der Bürette um 5 bis 6 cm gesunken ist; auch kann man statt dessen eine entsprechende Menge Quecksilber durch den Hahn *f* ablassen. Öffnet man nun vorsichtig den Trichterhahn *d*, so strömt die Schwefelsäure auf die Substanz; kurz bevor alle Säure aus dem Trichter herausgelaufen ist, schließt man *d* und dreht den Stöpsel *e* fest ein. Nach wenigen Minuten ist die feinzerteilte Substanz ganz mit der Säure durchtränkt,



während sich schon Dämpfe von Salpetersäure entwickeln. Dann wird der Rezipient vorsichtig in seinem Schliff um  $180^\circ$  gedreht; der zu diesem Zweck abgenommene Gummiring wird nach der Umdrehung sofort wieder umgelegt. Die Schwefelsäure und die Substanz befinden sich nun in Berührung mit dem Quecksilber und die Reaktion beginnt. Um sie zu beschleunigen, nimmt man etwa alle 5 Minuten die Bürette aus der Klemme, läßt durch mäßiges Neigen einen Teil der Flüssigkeit bis in den Rezipienten laufen und schüttelt das Ganze tüchtig durch. Das infolge der Gasentwicklung in dem Füllrohr steigende Quecksilber wird nach jedem Schütteln, nachdem die Bürette wieder senkrecht eingehängt ist, durch den Hahn *f* abgelassen, so daß in dem Apparate nie ein Überdruck vorhanden ist. Gegen das Ende der Operation, welche bei richtiger Leitung selten länger als 20 Minuten dauert, ist das Quecksilber zum größten Teil durch das entwickelte Stickoxydgas aus dem Büettenrohr verdrängt; dann muß man vor jedem Schütteln den Hahn *a* schließen, damit nicht Schwefelsäure oder Gasblasen in den Schlauch gelangen können. Dafür kann man dann, unter völligem Neigen des Rohres, das Schütteln um so energischer vornehmen. Dabei ergreift die rechte Hand den oberen Teil des Büettenrohres derart, daß der Daumen an dem Haft *c*, die übrigen Finger in dem einspringenden Winkel des Rezipienten bei *d* liegen. Die linke Hand hält beim Schütteln den geschlossenen Hahn *a* in seiner Lage fest. Nach dem Schütteln wird die Bürette jedesmal wieder in senkrechter Lage in den Halter gehängt, der Hahn *a* aber immer erst dann geöffnet, wenn sich das Quecksilber und die Säure vollkommen voneinander getrennt haben. Zuletzt stellt man das Füllrohr so ein, daß in ihm das Niveau um den achten Teil der Länge der Schwefelsäuresäule (in der Bürette) höher steht als das Quecksilberniveau im Büettenrohre. Zur Feststellung der Differenz dient kein besonderes Maß, sondern direkt die Teilung der Bürette. Bei diesem Stande liest man das Volum ab und beobachtet Thermometer und Barometer. Zu dem abgelesenen Volum Stickoxyd ist der bei dem Prozeß verbrauchte Sauerstoffgehalt des im oberen Teile der Bürette eingeschlossen gewesenen Luftvolums, d. h.  $20,9\%$  von dem auf der oberen Kugel verzeichneten Volum, zu addieren; eine für alle Bestimmungen konstante Größe. Bedeutet *v* das so korrigierte Volum in ccm, *g* die gebrauchte Substanz in g, *t* die Temperatur und *b* den Barometerstand, so enthält die untersuchte Substanz

$$0,02254 \cdot \frac{v \cdot b}{g(273 + t)} \% \text{ Stickstoff.}$$

Die ganze Operation wickelt sich schneller ab, wenn man darauf achtet, daß sich die Substanz womöglich schon vor dem ersten Schütteln in der Säure löst und daß nachher im Rohre Unterdruck herrscht. Eine kurze Abkühlungspause ist natürlich für die Genauigkeit erwünscht.

Berlin, Friedrichs-Realgymnasium.

### Versuche mit einfachen Mitteln.

**Versuche zur Wärmelehre.** Von O. Praetorius in Darmstadt. Unbrauchbar gewordene Glühlampen, von denen schon öfters die Rede war (z. B. Jahrg. 26, S. 307), lassen sich auch zu Versuchen über Ausdehnung durch Wärme verwenden, wenn ihre Spitze nur so weit abgek nipst wird, daß ein kleiner Rohransatz an der Birne stehen bleibt. Füllt man eine solche Birne bis in diesen Ansatz mit Wasser und nimmt sie zwischen beide Hände, so beobachtet man im ersten Augenblick ein Sinken der Wasseroberfläche, weil das Glas sich ausdehnt. Langsam erwärmt sich dann auch das Wasser und steigt in dem Rohransatz. Werden nun die Hände weggenommen,

so zieht sich zunächst wieder die Glaswand zusammen und preßt dabei meist einen Tropfen Wasser aus der Öffnung heraus; erst allmählich zeigt sich dann auch die Abkühlung und Raumverminderung des Wassers. —

Der bekannte Versuch mit Messingkugel und Ring läßt sich auch mit den Magnesiumringen der Hängegasglühstrümpfe ausführen; statt der Kugel kann eine Münze von passender Größe benutzt werden. Leider hat keine unserer Reichsmünzen den der üblichen Größe dieser Ringe entsprechenden Durchmesser von etwa 2,5 cm; dagegen eignen sich die französischen Kupfermünzen von 5 Centimes („Sou“) recht wohl. Nur muß man mehrere Ringe, die von verbrauchten Glühstrümpfen leicht zu sammeln sind, durchprobieren, ehe man einen geeigneten findet, da ihre Weite etwas schwankt. —

Ein ähnlicher Versuch läßt sich mit den bekannten Trinkbechern ausführen, die aus zusammenschiebbaren Ringen bestehen. Da hier bei gleicher Temperatur der innere von 2 Ringen nicht durch den äußeren durchgeht, sondern in dessen konisch verengtem unteren Rand hängen bleibt, erwärmt man hier den äußeren Ring; dann geht der nichterwärmte innere Ring hindurch. Die jetzt meist gebräuchlichen Aluminiumringe dürfen dabei nicht zu stark — etwa in der Bunsenflamme — erwärmt werden, da sie sonst schmelzen; zum Gelingen des Versuchs genügt in der Regel schon Erwärmung auf der Ofenplatte.

**Selbsterstellbare Tauchkörper.** Von O. Praetorius in Darmstadt. Zur Behandlung der Hydrostatik in Schülerübungen habe ich fast kostenlos 2 Arten von Tauchkörpern hergestellt, die das Gemeinsame haben, daß ihr Querschnitt 1 qcm beträgt, so daß der Rauminhalt der eingetauchten Stücke aus der Tauchtiefe unmittelbar erkennbar ist. Für die erste Art werden hölzerne Wendelineale (Kantel) benutzt, die man in Schreibwarenhandlungen erhält; ich fand solche von 20 cm Länge und hinreichend genau 1 qcm Querschnitt zu 3 Pf. das Stück. Auf die eine Endfläche werden einige (4) Bleiblechstückchen aufgenagelt (mit 2 Nägeln, damit sie sich nicht drehen) und so beschnitten, daß ihre Seitenflächen die des Lineals glatt fortsetzen. Von der Endfläche dieser Bleibescherung aus wird eine Zentimeterteilung auf das Lineal aufgetragen. Bei einem — etwa dem 10. — Teilstrich wird das Lineal abgesägt, so daß das Volumen des ganzen ersichtlich gerade 10 ccm beträgt; das Gewicht soll aber etwas größer sein als 10 g. Mitten in der neuen Endfläche wird mit einem kleinen Nagel ein dünner Draht oder Faden befestigt. Mit diesem wird der prismatische Tauchkörper (nachdem er durch Paraffinieren vor dem Eindringen von Wasser geschützt worden ist) an die Wage gehängt und ins Gleichgewicht gebracht. Vorausgesetzt wird, daß durch die bekannten Versuche den Schülern gezeigt worden ist, daß im Wasser ein allseitig gerichteter, mit der Tiefe zunehmender Druck herrscht. Es wird die Aufgabe gestellt, die Größe dieses Drucks in ihrer Abhängigkeit von der Tiefe zu messen, und zwar in der Form: „In welcher Tiefe beträgt der mit der Wage feststellbare Druck auf unsern Tauchkörper 1 g, 2 g usw.“ Sobald das in ein untergestelltes Gefäß gegossene Wasser den Körper erreicht, hebt sich die betr. Seite der Wage, wobei den Schülern klar wird, daß der auf die Unterfläche wirkende aufwärtsgerichtete Druck wirksam wird, während die Drucke auf die Seitenflächen sich gegenseitig aufheben. 1 g wird auf der Gewichtsseite weggenommen oder auf der andern aufgelegt, und so viel Wasser eingegossen, bis die Wage wieder Gleichgewicht zeigt. Der Körper taucht dann gerade 1 cm ein. Bei 2 g ist die Tauchtiefe 2 cm usw. Werden zwei Körper so vereinigt, daß die Endflächen gleichstehen, so zeigt sich der Auftrieb doppelt so groß. Er ist also proportional der Tauchtiefe und der gedrückten Fläche. Wird die Tauchtiefe 10 cm, erreicht also das Wasser die obere Endfläche, so wächst der Auftrieb bei weiterem Zugießen von Wasser nicht

mehr: die Schüler erkennen, daß die Zunahme des Drucks von unten durch einen entsprechenden Druck von oben aufgehoben wird. Daraus ergibt sich das Archimedische Prinzip zunächst für prismatische Körper, von denen aus es leicht zu verallgemeinern ist. —

Die zweite Art der Tauchkörper soll das Schwimmen im Wasser und anderen Flüssigkeiten erläutern und muß daher ein spez. Gew. unter 1 haben. Man kann auch hierfür die Wendelineale benutzen, wenn man sie weniger beschwert. Um sicheres Aufrechtswimmen zu erzielen, das Gewicht leicht ändern und die Tauchtiefe genauer ablesen zu können, fertigt man besser hohle Schwimmer aus einem 15 bis 20 cm langen, etwas über 4 cm breiten Streifen Millimeterpapier, das als Mantel eines quadratischen Prismas ausgeschnitten, auf der Rückseite geritzt und in bekannter Weise zusammengeklebt wird; das obere Ende bleibt offen. Durch dieses füllt man Schrot oder sonstige Beschwerung ein, die durch einen Wattepropfen unten festgelegt wird. Hat man das Gewicht auf 10 g abgeglichen, so taucht der durch Paraffin wasserdicht gemachte Körper in Wasser 10 cm tief ein und schwimmt. Jeder Gewichtsänderung um  $n$  g entspricht eine Änderung der Tauchtiefe um  $n$  cm; werden 2 oder 3 solcher Tauchkörper verbunden, so beträgt die Änderung der Tauchtiefe nur  $\frac{n}{2}$  oder  $\frac{n}{3}$  cm (vgl. „Besenstielbriefwage“, die aber bei unbekanntem oder ungleichmäßigem Querschnitt im Gegensatz zu dieser Vorrichtung empirisch geeicht werden muß!). In andern Flüssigkeiten findet man eine andere Tauchtiefe, aus der sich das spezifische Gewicht der betr. Flüssigkeit berechnen läßt. So bildet dieser Tauchkörper ein einfaches absolutes Aräometer.

### Für die Praxis.

**Ein Diffusionsversuch.** Von F. Queißer in Tetschen. Nach einigen vergeblichen Versuchen, eine mit Luft gefüllte Seifenblase auf einer Kohlensäureatmosphäre schwimmen zu sehen, kehrte ich gleichsam die Sache um und konnte hierbei auf folgende Weise die fortschreitende Diffusion von Luft und Leuchtgas beobachten. Ein größeres Glasgefäß (es wurde z. B. ein Aquarienglas von den Ausdehnungen  $30 \times 40 \times 40$  cm benutzt) wird mit der Öffnung nach unten etwa auf zwei Hockern

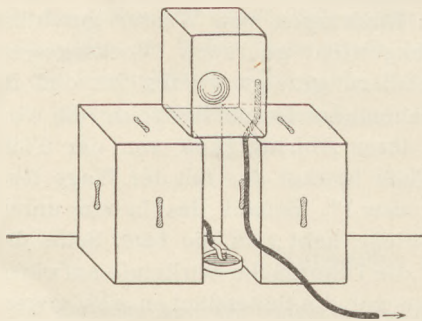


Fig. 1.

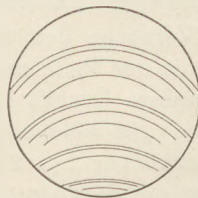


Fig. 2.

erhöht aufgebaut und mit Leuchtgas gefüllt (Fig. 1). Der Gasschlauch mag zur Vermeidung von Luftzug irgendwie ständig befestigt werden, damit er von außen bedient werden kann. Unter der Mündung des Gefäßes hat man ein Schälchen mit Seifenlösung zurechtgestellt, aus welchem man mittels eines zweiten Schlauches in bekannter Weise mit Leuchtgas gefüllte Seifenblasen erzeugt. Hat das Leuchtgas die Luft im Behälter genügend verdrängt, so bleibt zunächst die aufsteigende Seifenblase im unteren Teile des Gefäßes freischwebend (zugleich ein schönes Beispiel für diese seltene Gleichgewichtslage), steigt aber dann ganz langsam in dem Glase empor, in dem Maße, als die Diffusion zwischen Luft und Leuchtgas fortschreitet. Ich konnte so das etwa fünf Minuten währende Auf-

steigen der infolge der geringen Einwirkung äußerer Kräfte ziemlich beständigen Seifenblase beobachten. Neuerliches Einströmen von Gas drückt natürlich die Blase wieder nach abwärts. Nicht unerwähnt lassen möchte ich auch das optische Verhalten der in dem Grenzgebiete der beiden Gase sich befindenden Lamelle. Auch hier konnte infolge des ungestörten Gleichgewichtes der Kugel die Ausbildung der Interferenzfarben der verschiedenen Ordnungen in schönen Bogen (Fig. 2) an der Seifenblase beobachtet werden.

**Austausch verschieden temperierter Luft durch poröse Wände.** Von F. Queißer in Tetschen. Bei Versuchen, wie sich verschieden warme Luft durch feine Öffnungen und poröse Körper ausgleichen würde, konnte mittels des Looserschen Doppelthermoskopes folgende Beobachtung gemacht werden: An das Thermoskop wurde der für osmotische Versuche bekannte Gipszylinder angeschlossen (übrigens fanden auch andere aus porösem Material bestehende Hohlkörper Verwendung) und, in einem Stativ nach aufwärts gerichtet, befestigt. Wurde nun über denselben ein mit warmer Luft gefüllter Behälter, z. B. ein über dem Bunsenbrenner erwärmter Topf, gestülpt, oder auch die Zelle mit der warmen Hand umfaßt, so zeigte das Thermoskop zunächst ein Fallen von etwa 1 cm, ehe es darauf um 2 bis 3 cm stieg, um dann eine ziemlich konstante Stellung einzunehmen. Es sei noch bemerkt, daß durch Horizontallegen des Instrumentes die Ausschläge natürlich noch beträchtlich deutlicher wurden. Bei Wegnahme der warmen Umgebung kehrte sich die Erscheinung um. Erst nachdem die Thermoskopflüssigkeit noch ein kleines Stückchen gestiegen war, trat das erwartete Fallen derselben ein.

Die Erscheinung beruht wohl auf einer ähnlichen Ursache wie die scheinbare Ausdehnung bei den Flüssigkeiten. Zunächst wird der Gipsmantel selbst mit der in den Poren befindlichen Luft erwärmt und zur Ausdehnung veranlaßt; der dabei entweichenden Luft des Mantels strömt diejenige des Innern der Zelle nach und bringt so einen kurzdauernden Unterdruck hervor, den das Manometer anzeigt. Ist dann die Erwärmung auch auf die innere Luft fortgeschritten, so erhält nun die Ausdehnung des großen Gaskörpers die Oberhand und bringt das Manometer zum Steigen. Ein dauerndes Anwachsen des Druckes aber wie in einem allseits geschlossenen Gefäße kann hier deswegen nicht eintreten, weil sich durch die feinen Poren ein allerdings nicht vollständiger Ausgleich der Druckdifferenz von außen und innen bewerkstelligen kann; daher bleibt nach einiger Zeit ein gewisser Überdruck bestehen. — Entfernung der warmen Atmosphäre läßt den Vorgang sich in entgegengesetzter Richtung abspielen. Der von außen nach innen fortschreitenden Abkühlung folgt zunächst die Verdichtung der Luft im Zellenmantel selbst, wodurch Drucksteigerung eintreten muß, welche erst mit der Abkühlung der inneren Luft in ein Sinken des Druckes umschlägt.

**Ersatz für Mattscheiben.** Von Dr. Georg Heussel in Arnstadt. Zum Auffangen reeller Bilder benutze ich statt Mattscheiben sehr dünne, mit fluoreszierender Flüssigkeit gefüllte Küvetten, die ich folgendermaßen herstelle: Von einer dünnen Glasplatte schneide ich den unteren Rand und die seitlichen Ränder ab, kittle diese in ihrer ursprünglichen Lage auf eine Platte desselben Formates und darauf eine dritte Platte. Als Kitt benutze ich Syndetikon, dem ich eine gesättigte Lösung von Chromkalium zusetze. Nach dem Trocknen wird der Kitt einige Zeit belichtet, so daß er unlöslich wird. Als Füllung dient eine Lösung von Eosin in Wasser. Durch diese Küvetten gehen die Lichtstrahlen ohne Richtungsänderung, das reelle Bild wird durch die Fluoreszenz deutlich sichtbar. Man kann die Küvette zwischen leuchtendes Objekt

und Hohlspiegel stellen. Nach Benutzung muß die Küvette wieder vollständig austrocknen; auch darf man sie nicht längere Zeit gefüllt stehen lassen.

**Korkstopfen zum Rohrhalten.** Von H. Rebenstorff in Dresden. Thermometer und andere Rohrteile, die wegen Verbreiterungen oder Biegungen an den Enden nicht durch eine Korkbohrung zu stecken sind, pflegt man in einem halbierten Kork anzubringen. Hierbei verschieben sich die Hälften leicht; auch macht der Verlust einer Hälfte die Neuverrichtung nötig. Von Nutzen ist daher ein Scharnier aus Klebband\*), das die Hälften zusammenhält. Es wird um etwa die halbe Korkaußenseite über der einen Schnittstelle aufgeklebt. Zweckmäßig ist ein geringer Vorrat solcher Korkhalter für verschiedene Röhren. Sie dienen auch bequem z. B. beim Festhalten von dampfdurchströmten Röhren, wie beim Schülerversuch der Bestimmung der Dampfwärme, wo der Kork in der Hand gehalten wird.

**Laden des Elektroskops durch direktes Reiben.** Von H. Rebenstorff in Dresden. Bekanntlich kann man die Kugel eines Elektroskops mit einem schwach geriebenen Ebonitstab sehr oft berühren, ohne daß es auch nur ein wenig bleibend geladen wird. Wenigstens ist es so, wenn man nur antupfend hier und dort mit dem Stabe berührt. Wenig bedacht wird wohl meistens, daß bei einem anderen, mehr streifenden Berühren der Kugel unmittelbar die Reibung das Elektroskop ladet. Mit dem etwa den Kolbeschen Apparaten beigegebenen dünnen Ebonitstab, aber auch mit einem dickeren läßt sich behutsam im Winkel zwischen Kugel und dem tragenden Metallstift entlangstreifen, ohne daß das Elektroskop auf dem Tische verschoben wird. Der Stab wird am besten vorher unter der Wasserleitung abgewaschen, mit reinem Leinen getrocknet und über einer Flamme unelektrisch gemacht. Streicht man dann an der erwähnten Stelle mit fast der ganzen Stablänge langsam hin, so gehen die Blättchen in ebenso langsamem Spreizen immer mehr auseinander. Das Elektroskop ist negativ geladen; der Ebonitstab positiv. Wird er nachträglich genähert, so sinken die Blättchen jedesmal ein wenig zusammen. Noch deutlicher sieht man das Entstehen beider Ladungen durch die Reibung, wenn man den Stab wieder unelektrisch macht und mit einem etwa auf seiner Mitte gelegenen Stück des Stabes von 2 cm Länge am Elektroskop schnell hintereinander oft hin und her reibt. Nach dem Entfernen des Stabes bleiben die Blättchen mit negativer Ladung stark gespreizt. Bringt man bald darauf die vorher geriebene Ebonitstelle wieder an die Kugel, so fallen die Blättchen jedesmal vollkommen zusammen.

Es gelingt, mit dem, wie erwähnt, an einer Stelle ziemlich kräftig positiv geladenen Ebonitstabe das vorher ableitend berührte Elektroskop mit gleichem Vorzeichen zu laden. Bisweilen genügt hierzu bloßes Betupfen der Kugel. Leichter gelingt es, wenn man an der Elektroskopkugel eine Spitze anbringt. Hierzu wird eine Nadel mit dem Ohr in eine Bohrung der Kugel eingeschoben und mit einem Holzspänchen gesichert. Streift man dann mit der positiven Ebonitstelle an der Nadelspitze vorbei, so bleiben die Blättchen positiv geladen. Ganz ähnlich wirkt eine reine Flintglasstange, sowie bei schnellem Hantieren auch Stangen aus trocknen Halbleitern. Ein sehr bequemes positives Laden des Elektroskops mit einem Stück Kollodiumhaut, die in der Tiefe eines Glashütchens befestigt ist, habe ich ds. Zeitschr. XIV, 295 beschrieben. Das Kollodium muß ein Polster auf der ganzen Innenfläche des Hütchens bilden.

\*) ds. Zeitschr. 27, 174. Bezugsquelle: Chem. Fabrik P. Beiersdorf u. Co. Hamburg 30.



## Berichte.

### I. Apparate und Versuche.

**Die Schulmodelle von Funkstationen** in der Ausstellung „Schule und Krieg“ zu Berlin. Von CURT FISCHER in Berlin (Originalbericht).

In unserer Zeit, wo Deutschland von Feinden umgeben ist, spielt die drahtlose Telegraphie eine ungeahnt wichtige Rolle. Der Physiklehrer hat daher die Aufgabe, die Erscheinungen der elektrischen Wellen eingehender als sonst zu besprechen. Zwar ist manche wissenschaftliche Frage dabei noch nicht geklärt. Besonders in der Hauptfrage über die Loslösung und Ausbreitung der Wellen gehen die Ansichten noch weit auseinander. Aber aus dem Größten ist man heraus, so daß heute eine methodische Behandlung des Gebietes auf der Schule möglich erscheint. Es kommt hinzu, daß in der Literatur verstreut eine reichliche Menge Vorlesungsver-suche und ebenso eine Fülle von Gedanken angegeben werden, die dem Schüler das Einfühlen in die Welt der Kraftlinien erleichtern. Auf dieser Grundlage habe ich vor kurzem in einem Abschnitt über „elektrische Wellen“ in Schödlers Buch der Natur<sup>1)</sup> die Hauptgedanken dieses Gebietes in methodischer Form so einfach wie möglich darzustellen versucht. Wie zeitgemäß dieses Thema heute für die Schule ist, das zeigt auch ein Blick in die Ausstellung „Schule und Krieg“ zu Berlin, die vom „Zentralinstitut für Erziehung und Unterricht“ eingerichtet wurde. Dort sieht man gleich beim Eingang nicht weniger als neun kleine Antennen aufgebaut. Die Auswahl gerade dieser Formen ist als besonders geglückt anzusehen. Die drei von verschiedenen Firmen hergestellten Stationspaare stellen nämlich gleichzeitig die drei hauptsächlichen Entwicklungszustände dar, welche die Technik der drahtlosen Telegraphie durchlaufen hat. Die großen baulichen Schwierigkeiten ferner, die in der Errichtung eines Antennenmastes liegen, werden veranschaulicht durch das Modell eines 65 m hohen Mastes, das die Verkehrstechnische Prüfungskommission der Ausstellung zur Verfügung gestellt hat. Endlich zeigt ein von Schülerhand hergestelltes System, welches Interesse die Schüler dem Gegenstand entgegenbringen.

Welche Stellung nimmt der Schulmann

<sup>1)</sup> Schödlers Buch der Natur, III. Teil, 2. Abt. Physik, 2. Band, herausgegeben von Böttger.

den Apparaten gegenüber ein? Es soll hier nicht entschieden werden, welches die beste Station ist; kommt es doch für die Schule nicht allein auf die Leistungsfähigkeit des Apparates an, sondern ebensowohl auf die Erklärungsmöglichkeit der Vorgänge und auch auf den Anschaffungspreis.

Wir beginnen mit der für Lehrzwecke bestimmten Station von Leppin u. Masche, Berlin, die nach Angaben von K. BANGERT<sup>2)</sup> hergestellt ist. Es ist eine Marconi-Station. Sie besteht im wesentlichen aus einem dicken geraden Draht, der senkrecht über einem großen Metallblech in geringem Abstand befestigt ist. (Fig. 1.) Der Draht stellt die Antenne, das Blech die gutleitende Erde dar. Beim Sender werden beide mit je einem Pole eines mit drei Sammlern betriebenen Induktors verbunden, so daß zwischen ihnen Funken überspringen können. Der Empfänger ist ganz entsprechend gebaut, nur wird der Wechselstrom von der Antenne über einen Stahlschraubenkohärer nach der Erdplatte hingeführt. Eine durch ein Element betriebene Klingel macht den Empfang der Wellen hörbar. Ihr Strom ist durch den Kohärer durchgeführt; die Erschütterung des Kohäriers erfolgt bei jedem Rückschlag des Klöppels.

Im Unterricht bietet die Erklärung dieses Apparates im Anschluß an die üblichen Hohlspiegelversuche nach H. Hertz keine Schwierigkeit. Neu ist dann nur der Gedanke, daß Sender und Empfänger mit Erde arbeiten. Auch die Abstimmung zwischen beiden Stationen kann durch Verlängerung der Antenne gezeigt werden, was bei den Hertz'schen Versuchen wegen der durch die Spiegelkrümmung festgelegten Wellenlänge nicht gut möglich ist. Gerade in der Veränderlichkeit der Antennen beider Modellstationen liegt aber auch die Möglichkeit begründet, selbst ohne vorherige Besprechung der Hertz'schen Versuche von elektrischen Wellen zu sprechen, indem die Resonanz ein Beweis für die Periodizität der Vorgänge ist.

Die übersichtlich angeordneten Stationen arbeiten trotz ihrer Einfachheit ohne große Vorbereitung auf eine Entfernung von mehreren Metern sehr erfreulich genau. Der Kohärer setzt zwar manchmal aus, wenn der Klingelstrom zu stark ist. Unzuverlässig

<sup>2)</sup> Diese Zeitschr. 1908, S. 32—34.

waren aber auch die früher in der Praxis verwendeten Gold- und Silberkohärer und haben sich darum durch andere Empfangsvorrichtungen verdrängen lassen. Diese sind aber nur für die subjektive Beobachtung eingerichtet und könnten nur durch kostspielige Nebenapparate auch für die Demonstration verwendet werden. Der Kohärer mit Klingel als einfacher Demonstrationsapparat ist also noch nicht überholt.

Einige kleine Feinheiten der Station seien erwähnt. Die Isolation der Antenne gegen Erde ist in der Nähe der Spannungsknoten

nehmlich der, daß die Funkenstrecke und der Wellenanzeiger nicht in die Antenne eingebaut werden brauchen, was aus vielen Gründen in der Praxis unzweckmäßig ist. Für den Unterricht kommen dabei, wenn man vom Hertz'schen Sender ausgeht, zwei neue Gedanken in Frage. Erstens muß der geschlossene Schwingungskreis, zweitens die Koppelung besprochen werden. J. Zenneck und P. Drude haben dem geschlossenen Schwingungskreis Formen gegeben, die für den Unterricht sich besonders eignen. Ein geschlossener Kondensatorkreis besteht bekanntlich aus einem

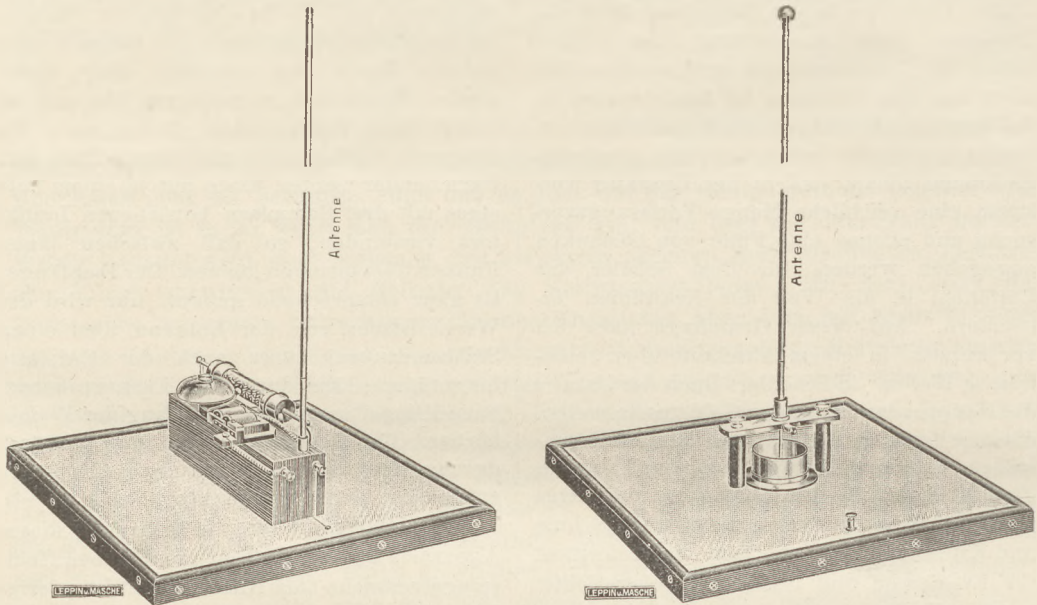


Fig. 1.

angebracht, wo sie am wenigsten schaden kann. Die Senderantenne endigt zur Vermeidung der Sprühwirkung in eine Kugel. Die Funken springen in Erdöl über; dadurch wird erreicht, daß die Antenne mit ihrer kleinen Kapazität möglichst wirksam durch den Induktor geladen werden kann. Der Klingelklöppel ist verstellbar, ohne daß dadurch seine Federkraft geändert wird.

Der Preis der Station beträgt ohne Induktor und Stromquelle M 90.

Die zweite Station ist von Gebr. Ruhstrat in Göttingen eingesandt. Sender und Empfänger sind gekoppelte Systeme, wie sie zuerst von F. BRAUN angegeben wurden. Die Schwingung wird beim Sender in einem geschlossenen, nicht strahlenden Kondensatorkreis erzeugt und durch Koppelung auf die Antenne übertragen. Beim Empfang ist es umgekehrt. Der Zweck dieser Anordnung ist vor-

Kondensator und einer Spule. Schwingt das Gebilde, dann treten an den Belegungen des Kondensators Spannungsbüchse auf. Spannungsknoten müssen also in der Mitte zwischen beiden Belegungen und in der Mitte der Spule liegen. An einen dieser Knoten gehört die Funkenstrecke. Die Zuleitungen vom Induktorium sind möglichst nahe an die Funkenkugeln heranzubringen. Um einen solchen symmetrisch schwingenden Kondensatorkreis herzustellen, verwendet Zenneck zwei Leidener Flaschen, die er über die Funkenstrecke hinweg hintereinander schaltet. Drude und nach ihm F. Kiebitz schneidet die Spule in der Mitte auf und setzt dort die Funkenstrecke ein. Beide Formen von Kondensatorkreisen sind leicht mit einer Heliumröhre zu untersuchen, und die Schwingungsvorgänge sind einfach zu verstehen.

Bei der hier zu besprechenden Station ist der Kondensatorkreis unsymmetrisch gebaut. Dadurch wird von vornherein ein näheres Eingehen auf den Schwingungsvorgang sehr erschwert. Die Fig. 2 zeigt den Aufbau. Die Spule ist von einer ungewöhnlichen Form, ein breites Kupferband ist um einen isolierenden Kern gewickelt. Dadurch wird eine Besprechung des Skineffektes nahe gelegt, die in den Schulunterricht nicht hineingehört, während eine Drahtspule von der üblichen Form den geringen Wirkungsgrad des Kondensatorkreises nicht wesentlich verschlechtern würde.

Die Frage der Koppelung von Antenne und Primärkreis ist die zweite, welche im Unterricht zu behandeln ist. Man wird sie naturgemäß im Anschluß an die Koppelung zwischen Primär- und Sekundärspule eines Induktoriums behandeln. Bei dem ausgestellten Apparat ist die Koppelung halb galvanisch, halb magnetisch. Dies ist die verwickelteste Koppelungsart. Magnetische Koppelung ist beim Braunschener Sender für den Unterricht die gegebene; auch aus folgendem Grunde: Die Antenne muß auf den Primärkreis abgestimmt sein, die Abstimmung ist aber bei galvanisch-magnetischer Koppelung eine wirklich nicht einfache Sache. Auf Abstimmung ist aber bei der Station kein Wert gelegt, das beweisen die Zuleitungen zu Antenne und Gegengewicht. Sie sind so lang und wenig fest verlegt, daß man ihnen durch kleine Lageänderungen alle möglichen Selbstinduktionskoeffizienten geben kann. Auf die Konstruktion der Antenne weiter einzugehen, erübrigt sich; die Anlage ist für den Fachmann unverständlich.

Die Empfangsstation arbeitet mit Detektor und Fernhörer. Die verdeckten Leitungen sind hierbei aus einer Schaltungszeichnung zu ersehen. Die Zeichenübertragung ist im Ausstellungssaal auf etwa 9 m hörbar.

Der Preis der Doppelstation ohne Induktor beträgt M 218.

Wirklich gut durchdachte Schulapparate zur Erklärung des Prinzips der Braunschener

Station scheinen überhaupt heute noch eine Seltenheit zu sein, trotzdem einfache Konstruktionsarten durch Arbeiten wie die von F. Kiebitz<sup>3)</sup> vorgezeichnet sind. Das Fehlen solcher Apparate mag seinen Grund darin haben, daß das Verständnis der beiden Koppelungswellen für die Schule zu schwierig scheint. Andererseits lehrt die Erfahrung, daß die für die Reichweite günstigste Koppelung bei abgestimmten, wenig gedämpften Systemen so lose ist, daß man die beiden Koppelungswellen eben noch nicht unterscheiden

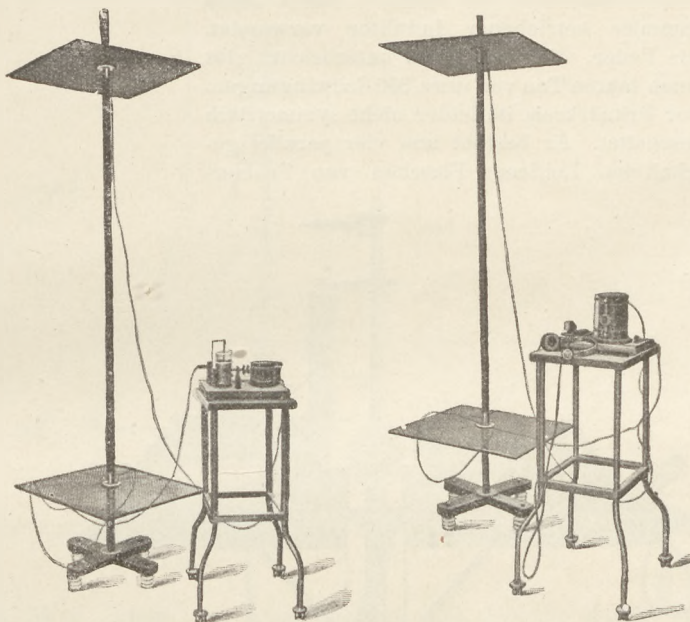


Fig. 2.

kann. Im Unterricht kann also diese Frage ganz weggelassen werden.

Eine dritte Station ist von der Gesellschaft für drahtlose Telegraphie aufgestellt. Das System der tönenden Funken ist nach den Arbeiten von M. WIEN als das einfachste gekoppelte System aufzufassen und dürfte in der Schule auch leicht behandelt werden können. Die Hauptkoppelungsschwierigkeit fällt weg, weil trotz fester Koppelung keine zwei Wellen auftreten. Andererseits erheischt der vorliegende Apparat eine Besprechung der hier verwendeten galvanischen Koppelung. Außerdem liegt für Schülerköpfe eine neue Schwierigkeit darin, daß hier mit akustischen und elektrischen Schwingungen gleichzeitig gearbeitet wird. Die

<sup>3)</sup> z. B. Verh. d. Deutsch. Physik. Ges. X, S. 386—388. 1908, und im gleichen Bande S. 934—944. Ferner E. T. Z. 1909, S. 222—226.

Tatsache andererseits, daß die Schwingung im Primärkreis nach kurzer Zeit durch die Funkenstrecke unterbrochen wird, ermöglicht eine höchst einfache Abstimmung der Sendeanenne auf den Primärkreis insofern, als hierbei nicht wie beim Braunschen System die feste Koppelung in eine lose verwandelt zu werden braucht.

In Fig. 3 sind Send- und Empfangsanordnung auf 2 Tischchen an derselben Antenne angebracht<sup>4)</sup>. Bei der Sendestation wird, wie die Fig. 3 rechts zeigt, an Stelle einer Hochfrequenzmaschine ein kleiner, durch sechs Sammler betriebener Induktor verwendet. Die Feder, die den Strom unterbricht, gibt einen lauten Ton von etwa 350 Schwingungen. Der Primärkreis ist leider nicht symmetrisch geschaltet. Er besteht aus vier parallel geschalteten Leidener Flaschen von Probier-

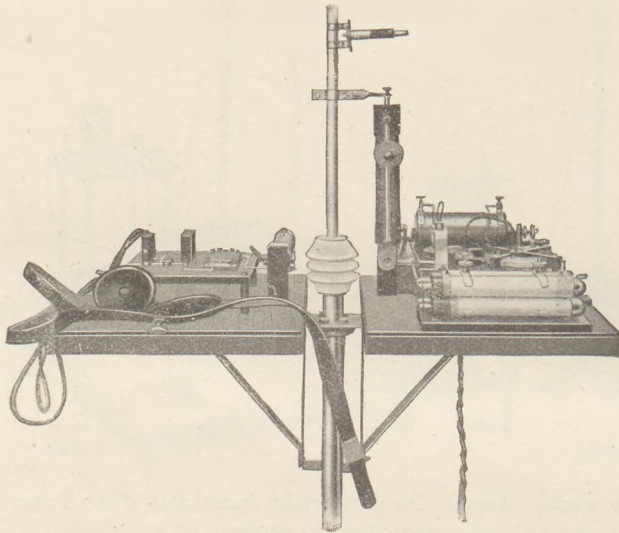


Fig. 3.

glasgröße und je 250 cm Kapazität, einer Flachspule, mit der man durch Abgreifen den Kreis auf verschiedene Wellen abstimmen kann, und einer sechsplattigen kleinen Funkenstrecke. Der Ton der Funkenstrecke wird durch den Federton verdeckt. Die Antennenform ist aus der Fig. 4 ersichtlich. Ein Isolationskörper trennt die Antenne von dem Gegengewicht, das gleichzeitig als Fußgestell für den Apparat dient. Die An-

<sup>4)</sup> Der Zweck dieser Anordnung ist, Wechselgespräche zwischen zwei derartig gleichgebauten Stationen zu führen. Ausführliche Angaben über die Stationen finden sich im Katalog von Siemens & Halske A.-G., Wernerwerk, Berlin. Liste 59, Teil 1.

tennenkapazität beträgt ungefähr 50 cm. Zwischen Antenne und Gegengewicht ist eine Spule eingeschaltet, deren Selbstinduktion durch einen Schleifkontakt veränderlich ist. Die Abstimmung der Antenne auf den Primärkreis wird durch das Aufleuchten

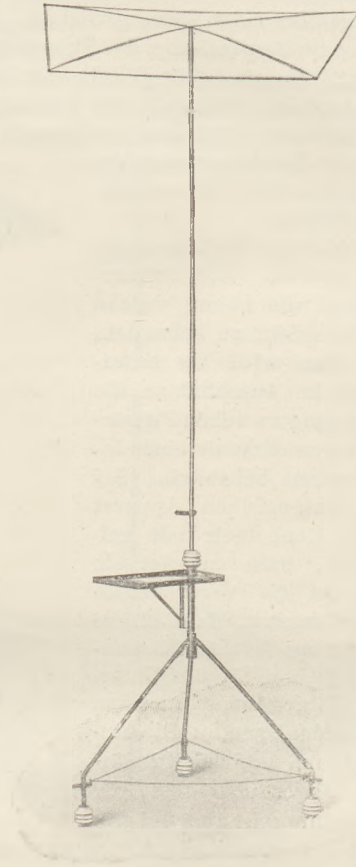


Fig. 4.

einer Heliumröhre sichtbar gemacht. Die Empfangsstation hat eine gleichgebauete Antenne. Der Detektorkreis ist übersichtlich angeordnet. Beide Stationen sind offenkundig von einem Fachmann gebaut. Alles, was sehenswert ist, liegt klar; alle Leitungen, welche für die Abstimmung und den sicheren Betrieb von Wichtigkeit sind, sind so gelegt, daß sie auch beim Wegstellen nach dem Versuche nicht aus ihrer Lage kommen. Die Abstimmung auf die Wellenlängen 25, 50 und 70 m wird für die Demonstration durch die Farbenstriche wesentlich erleichtert. Mag man sich auch hier und da an den Stationen kleine Abänderungen zur Erleichterung des Verständnisses wünschen, so bereitet andererseits ihre Betriebssicherheit und

Übersichtlichkeit bei der Vorführung einen ästhetischen Genuß.

Der Preis einer Empfangs- und einer Sendestation ohne Sammler beträgt M 1100.

Nicht nur auf dem elektrischen, sondern auch auf dem mechanischen Gebiet hat die drahtlose Telegraphie Neues geleistet. Die Errichtung eines möglichst hohen Mastes in kurzer Zeit ist ein Problem, das manche staunenerregend einfache Lösung gefunden hat. Das der Ausstellung von der Verkehrstechnischen Prüfungskommission überlassene

eck  $CAB$  um den Punkt  $A$ . Ist  $CA$  wagerecht, so ist der Mast  $AB$  senkrecht. In Wirklichkeit ist der Punkt  $C$  nicht nur mit  $B$ , sondern auch mit drei andern Punkten der Strecke  $AB$  durch Abspannung verbunden. Diese sowie die Abspannungen, welche beim Errichten eine Drehung nach der Seite hin verhüten, sind in der Zeichnung (Fig. 5b) wiedergegeben. Der stehende Mast wird nach den Punkten  $GHIK$  abgespannt. Diese mit Isolatoren versehenen Seile sind in der Figur weggelassen.

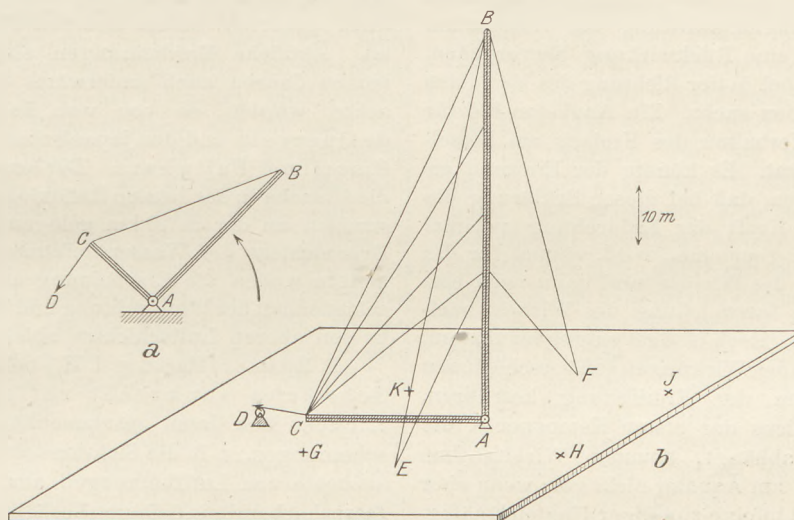


Fig. 5.

Holzmodell eines zerlegbaren 65 m hohen Eisenmastes ist zugleich ein vorzügliches Schulbeispiel für die Anwendung der Gesetze vom Kräfteparallelogramm und Hebel. Sieht man zunächst von den Abspannseilen ab, so kann man den Aufrichtungsvorgang durch die schematische Fig. 5a darstellen. Ein Hilfsmast  $AC$  von 30 m Länge, dessen Errichtung keine großen Schwierigkeiten bereitet, wird zunächst senkrecht gestellt und seine Spitze  $C$  durch eine Abspannung mit der Spitze  $B$  des 65 m langen Mastes  $AB$  verbunden. Bei dem Zug eines Seiles in der Richtung  $CD$  dreht sich das Drei-

Dieses Modell, nach dem die Masten der Militärstationen angefertigt wurden, ist nicht käuflich, kann aber für den Unterricht aus zwei Holzstäben und mit Bindfäden und Schrauben leicht nachgebaut werden.

In diesem Bericht ist versucht worden, die Schulapparate für drahtlose Telegraphie im Zusammenhang mit den in der Ausstellung „Schule und Krieg“ ausgestellten Apparaten hauptsächlich von methodischen Gesichtspunkten aus zu besprechen. Es ergibt sich, daß hier noch manches zu tun übrig bleibt, aber auch viel Schönes schon geleistet worden ist.

## 2. Forschungen und Ergebnisse.

**Aus der Meteorologie.** Ein Sonderheft der Zeitschrift „Das Wetter“ (Verlag von Otto Salle in Berlin) ist als Festschrift zum 70. Geburtstage des Geh. Ober-Reg.-Rats Professor Dr. R. ASSMANN erschienen. Aus der großen Zahl wertvoller Beiträge, die in diesem Heft enthalten sind, stehen einige in engster Be-

ziehung zu allgemeinen Problemen der Physik. Über diese soll nachstehend berichtet werden.

Den Zusammenhang von „Zyklonen und Kreiseltheorie“ behandelt W. KÖNIG (Gießen). Nach der üblichen Auffassung sind die Gründe für das Fortschreiten der Luftwirbel in einer Unsymmetrie ihrer inneren Verhält-

nisse zu suchen. Demgegenüber wirft König die Frage auf, ob nicht auch eine vollkommen symmetrisch ausgebildete Zyklone in einem ruhenden Luftmeer auf der rotierenden Erde ein Bestreben zur Fortbewegung nach einer bestimmten Richtung haben müsse und ob nicht in der Umdrehung der Erde eine Ursache hierfür zu erkennen sei. Sieht man eine rotierende Luftmasse auf der Erde wie einen scheibenförmigen Kreisel an, dessen Drehungsachse durch den Mittelpunkt der Erde geht, so erfährt diese Achse bei der Rotation der Erde eine fortdauernde Umlagerung im Raum. Aus der Trägheitswirkung der rotierenden Masse muß eine Rückwirkung hervorgehen, die den Wirbel in der Richtung des Meridians zu verschieben sucht. Ein Analogon hierfür bietet das Verhalten des Kreisels am Fesselschen Apparat. Es könnte der Einwand erhoben werden, daß bei dieser Erklärung die ablenkende Kraft der Erddrehung zweimal in Anspruch genommen wird, einmal für die Entstehung des Wirbels und dann noch einmal für die Ausweichung des Wirbels nach dem Pole zu. Doch ist dem entgegenzuhalten, daß diese beiden Wirkungen von verschiedenen Komponenten der Erddrehung herrühren. Wegen Fehlens der ersten Komponente, die von  $\sin \varphi$  abhängt, kommen Wirbelströme bekanntlich am Äquator nicht vor; wenn aber doch einmal infolge zufälliger Ungleichmäßigkeiten ein Wirbel entsteht, so würde er durch die Wirkung der zweiten Komponente sofort aus der Äquatorzone herausgedrängt werden und zwar je nach seinem Drehungssinn nach Norden oder nach Süden. Eine Beobachtung in Bengalen, die von Hann mitgeteilt wird, scheint diese Folgerung zu bestätigen. Die Berechnung der ins Spiel kommenden Kräfte führt der Größenordnung nach zu einem Resultat, das mit der Wirklichkeit übereinstimmt. Es ist zu erwarten, daß eine genaue hydrodynamische Theorie der Zyklone auf der angegebenen Grundlage zu ähnlichen Ergebnissen führen würde. —

Über die Hörweite des Kanonendonners bei der Belagerung von Antwerpen macht W. MEINARDUS (Münster) eine interessante Mitteilung. Die Beschießung der Forts von Antwerpen durch die deutschen 42 cm-Mörser in den Tagen vom 28. September bis 9. Oktober 1914 ist weithin im nördlichen Holland und im westlichen Deutschland gehört worden. Eine Aufforderung des Verfassers im Münsterischen Anzeiger hatte zur Folge, daß etwa 50 Berichte eingingen, aus denen nach Ausschaltung einer Reihe von

Beobachtungen, denen Kruppsche Schießversuche in Meppen zugrunde lagen, sich die merkwürdige Tatsache ergab, daß bis zu einer Entfernung von etwa 100 km von Antwerpen ein Gebiet unmittelbarer Schallwahrnehmung (inneres Schallgebiet) lag, daß jenseits davon bis zu 100 km Abstand von der Schallquelle eine Zone folgte, in der bestimmt kein Kanonendonner gehört wurde, daß aber darüber hinaus bis etwa 230 km Entfernung ein zweites, anormales Gebiet der Hörbarkeit (äußeres Schallgebiet) lag. Sämtliche Beobachtungsorte am Niederrhein und im westlichen Westfalen gehörten diesem äußeren Schallgebiet an. Ähnliche Erscheinungen sind in den letzten Jahren auch anderwärts öfter beobachtet worden, so von von dem Borne, de Quervain und den japanischen Forschern Omori und Fajiwahara. Der erstere sucht die Ursache in der totalen Reflexion der Schallstrahlen an der in 70 km gelegenen unteren Grenzschicht der Wasserstoffatmosphäre, die ändern wollen die Erscheinung aus der Verschiedenheit der Windrichtung und Windstärke in den oberen Luftschichten ableiten<sup>1)</sup>.

F. RICHARZ (Marburg i. H.) behandelt die Schwäche senkrecht reflektierten Lichtes und damit zusammenhängende Erscheinungen, z. B. die Sichtbarkeit der Unterseeboote von Luftfahrzeugen aus. Der Verfasser hat bereits in früheren Veröffentlichungen gezeigt, daß die Erscheinung der Glorie um das Brockengespenst und ähnliche nicht aus der Reflexion an einzelnen Tröpfchen, sondern nur aus dem Zusammenwirken der Gesamtheit der Tröpfchen zu erklären ist. Auch die Berücksichtigung der Veränderlichkeit der Intensität der Reflexion mit dem Einfallswinkel reicht für die Erklärung nicht aus; dagegen erklärt sich aus dem Umstande, daß die Reflexion bei senkrechter Incidenz einen sehr kleinen Wert hat und erst jenseits des Polarisationswinkels stark ansteigt, eine Reihe anderer oft beobachteter Erscheinungen. „Wenn man auf einen Spiegel, dessen Rückseite mit Amalgam belegt ist, senkrecht oder nur wenig geneigt aufblickt, so erblickt man neben dem kräftigen am Amalgam gespiegelten Bilde (am besten dem einer punktförmigen Lichtquelle), das an der vorderen Glaswand gespiegelte nur schwach. Letzteres wird bei geneigtem Auftreffen kräftiger, daneben werden dann auch noch die durch mehrfachen Hin- und Hergang im Innern der Glasplatte reflektierten

<sup>1)</sup> Man findet über „Schallschatten“ einen ausführlichen Bericht in d. Zeitschr. XVI 37.

Bilder sichtbar, aber schwächer, jedoch auch diese um so kräftiger, je geneigter die Spiegelung stattfindet“. — „Wenn man einen Fluß oder eine andere Wasserfläche von einer nicht ungewöhnlich schroff ansteigenden Höhe betrachtet, erscheinen sie glänzend, weil die horizontalen Entfernungen meist viel bedeutender sind als die vertikalen Erhebungen. Denn infolgedessen gelangt ins Auge Himmelslicht, welches unter starker Neigung, also mit verhältnismäßig großer Intensität, an den Wasserflächen zurückgeworfen wird. Dagegen von einem Luftfahrzeug blickt man auf die Wasserfläche, wenn sie nicht weit entfernt ist, steil hinunter; ins Auge gelangt nahe senkrecht reflektiertes Himmelslicht, also nur solches von recht schwacher Intensität. Infolgedessen sehen die Wasserflächen, auf die man hinabblickt, dunkel aus; ein Fluß durchfließt als schwarzes, nicht als silberglänzendes Band die Landschaft, was dieser einen ganz veränderten Eindruck verleiht“. — „Endlich ist hierin auch die vornehmste Ursache begründet dafür, daß Unterseeboote von Luftfahrzeugen aus besser erspäht werden können, als von einem Schiffe aus. Von letzterem aus gesehen erglänzt die Wasseroberfläche in reflektiertem Himmelslicht von recht schrägem Einfall; dieser Glanz der Oberfläche erschwert die Sichtbarkeit im Innern befindlicher Gegenstände bis zur Unkenntlichkeit, wozu noch die starke Verkürzung ihrer Dimensionen durch die Brechung hinzutritt. Vom Luftfahrzeug aus gesehen fällt die Überblendung durch den Reflex an der Oberfläche weg, und das Unterseeboot kann leichter erblickt werden“. — Bemerkenswert ist noch, daß man zwar von einem Ballon aus die im Innern eines Flusses befindlichen Gegenstände erkennen kann, nicht aber beim senkrechten Hindurchblicken durch den Wasserspiegel aus der Nähe, z. B. von einem Kahn aus. Der Verfasser glaubt die Ursache hierfür in der Unruhe des Wasserspiegels erkennen zu sollen, welche kleine unregelmäßige Abweichungen in der Horizontalität zur Folge hat. Von einem Punkt im Innern des Wassers kann im allgemeinen ein Strahlenkegel ins Auge gelangen, der abgesehen von den Brechungen den Objektpunkt zur Spitze und die Pupille des Auges zur Basis hat. Je näher sich das Auge an der Wasserfläche befindet, um so größer ist der Kreis, in dem der ins Auge gelangende Strahlenkegel die Oberfläche durchsetzt, um so mehr also wird der regelmäßige Strahlenverlauf durch zufällige Kräuselungen der Oberfläche gestört, so daß die vom Objekt-

punkt ausgehenden Strahlen nicht mehr in einem Punkt der Netzhaut vereinigt werden. Bei großem Abstand des Auges dagegen treffen die erwähnten Strahlen die Wasseroberfläche in einem so kleinen Kreise, daß innerhalb desselben die Wasserfläche als eben angesehen werden kann, mithin auch eine Kräuselung nur eine ganz unbedeutende Wirkung des Strahlenverlaufs zur Folge hat, so daß der Objektpunkt scharf gesehen wird. Ausführlicheres hierüber soll in den Marburger Sitzungsberichten erscheinen. P.

**Röntgenstrahlen.** Von verschiedenen Forschern wurden auch durch langsame Kathodenstrahlen Röntgenstrahlen erzeugt; eine neue Versuchsanordnung hierzu gibt ELIZABETH R. LAIRD an<sup>1)</sup>. Die Kathodenstrahlen wurden wie bei Whiddington und Dember an einer Wehneltkathode erzeugt und fielen auf eine drehbare Antikathode; die von dieser kommenden Röntgenstrahlen gelangten durch ein dünnes Zelluloidfenster in den evakuierten Beobachtungsraum, in dem sie eine ionisierende Wirkung ausübten. Es ließ sich die Erzeugung einer Röntgenstrahlung durch Kathodenstrahlen bis zu 220 Volt hinunter beobachten und ihre Absorption in verschiedenen Substanzen bestimmen. Das Material der Antikathode hatte wenig Einfluß auf die Intensität der Strahlung. Die Strahlung zeigt möglicherweise etwas Polarisierung, indem die Intensität normal zu den Kathodenstrahlen ein wenig größer zu sein scheint als parallel dazu. Eine durch Kathodenstrahlen unter 200 Volt erzeugte Röntgenstrahlung konnte nicht beobachtet werden. Im Gegensatz dazu stehen Beobachtungen von J. J. THOMSON, der ebenfalls mit Wehneltkathode und einer photographischen Methode noch bei 10 Volt Kathodengeschwindigkeit eine Röntgenstrahlung festzustellen geglaubt hat<sup>2)</sup>.

Über den Einfluß der Röntgenstrahlen auf die Kondensation des Wasserdampfs berichtet nach Versuchen von C. Leibfried und O. Conrad F. STRIEDER<sup>3)</sup>. Der Wasserdampf kondensiert sich im allgemeinen nur an Kernen, als welche Staubteilchen oder Ionen dienen können. Die Ionen können durch Röntgenstrahlen erzeugt werden. Die Versuche Leibfrieds zeigen, daß auch unterhalb der Ionengrenze eine

<sup>1)</sup> Ann. d. Physik **46**, 605 (1915).

<sup>2)</sup> Phil. Mag. **28**, 620 (1914).

<sup>3)</sup> Ann. d. Physik **46**, 987 (1915).

Kondensation eintreten kann. Als Kondensationsgefäß diente ein Rundkolben, der durch Zuleitungsrohre zum Teil mit Wasser, der darüberliegende Raum mit einem Gase gefüllt werden konnte; ein drittes Rohr führte zur Vakuumeinrichtung, mittels welcher die Entspannung des Gases vorgenommen wurde, deren Größe durch ein Manometer gemessen werden konnte. Die in dem Nebelgefäß befindliche Luft wurde zunächst von allen vorhandenen Kernen befreit und dann mit einer Röntgenröhre bestrahlt. Eine Bogenlampe warf mittels eines Kondensators einen Lichtkegel in das Nebelgefäß, wodurch die geringste Tropfenbildung sichtbar wurde. Die Versuche ergaben ein Auftreten von Kernen weit unterhalb der Ionengrenze. In völlig sauerstofffreiem Wasserstoff dagegen trat keine Kondensation unterhalb der Ionengrenze ein. Auch eine freiwillige Kondensation ließ sich bei Sauerstoff durch Röntgenstrahlen hervorrufen. Die Wirkung war von der Härte und Intensität der Strahlung abhängig. Die auftretenden blauen Nebel zeigten ähnliche Eigenschaften wie die unter dem Einfluß ultravioletter Lichts nachgewiesenen Wasserstoffsperoxydkerne  $H_2O_2$ . In reinem Stickstoff und reinem Wasserdampf, wo die Bildung von  $H_2O_2$  unmöglich ist, ergab sich bei Bestrahlungen bis zu 30 Minuten weder freiwillige noch erzwungene Kondensation unterhalb der Ionengrenze. Die Wesensgleichheit der Einwirkung von ultravioletten Licht- und Röntgenstrahlen wurde auch dadurch nachgewiesen, daß kernfreie Luft zuerst 1 Minute mit ultraviolettem Licht, dann  $1\frac{1}{2}$  Minute mit Röntgenstrahlen bestrahlt sich ebenso verhielt als in umgekehrter Reihenfolge der Bestrahlung. Es dürften daher durch Röntgenstrahlen ebenso wie durch ultraviolettes Licht die  $O_2$ -Molekeln in  $O$ -Atome gespalten werden, die dann mit  $H_2O$  zusammen  $H_2O_2$  bilden und die Nebelkerne darstellen.

Zur Zählung der Elektronen, welche Röntgenstrahlen von sehr kleiner Intensität aus einem Metallblech auslösen, brauchte E. HOEPNER die Methode, welche Rutherford und Geiger zur Zählung der  $\alpha$ -Teilchen radioaktiver Substanzen angewandt hatten<sup>4)</sup>. Die Röntgenstrahlen gelangten durch ein Aluminiumfenster auf ein Platinblech und bewirkten eine Ionisierung der zwischen Aluminium und Platin befindlichen (stark verdünnten) Luft. Das Alu-

minium wurde auf eine Spannung von 1000 Volt gebracht, das Platin war mit einem Elektrometer in Verbindung. Wenn die Spannung zwischen Platin und Aluminium nahe der Entladungsspannung (1000 Volt) lag, zeigte das Elektrometer eine diskontinuierliche Aufladung der Platinplatte an, indem die Elektrometernadel plötzlich um mehrere Skalenteile herausflog. Beim Vorsetzen einer Bleikappe vor die Röntgenröhre hörte die Wirkung auf, die hiernach also zweifellos auf den Röntgenstrahlen beruht. Der Bereich der Spannungen, bei denen man diese Stöße deutlich bekam, betrug nur etwa  $\frac{3}{4}$  Volt. Die Zahl der Stöße wurde allein durch die Intensität der angewandten Röntgenstrahlung bestimmt und verringerte sich, wenn man absorbierende Platten in den Weg der Strahlen brachte. Da auch bei jedem Stoße nur ein Teil der Ladung des Aluminiums übergang, so können die Stöße nur erklärt werden durch die bei jedem Stoß erfolgende Loslösung eines Elektrons aus einem von der Strahlung getroffenen Atom des Metalls, das dann die Luftmoleküle des Zwischenraums ionisiert. Die Zählung der Stöße erfolgte durch photographische Aufnahme der Elektrometerrausschläge mit dem Edelmannschen Registrierapparat. Eine Akkumulationszeit war bei der durch Röntgenstrahlen bewirkten Elektronenemission nicht zu beobachten, die Emission war von Anfang an konstant. Die Stoßzahl in der Sekunde war bei einem Blendendurchmesser von 7,2 mm 0,012, bei 10 mm 0,04, bei 19 mm 0,06. Der Wert ist nur etwa der 150. Teil des Wertes, der sich aus der von E. Carter gemessenen positiv-elektrischen Aufladung einer Platinscheibe bei Röntgenbestrahlung berechnet.

Die von Röntgenstrahlen erzeugte Sekundärstrahlung wurde von J. LAUB besonders daraufhin untersucht, inwieweit die Dicke des Strahlers und der Einfallswinkel der Primärstrahlung dabei von Bedeutung seien<sup>5)</sup>. Ein X-Strahlenbündel fiel nach dem Durchgang durch ein Bleidiaphragma auf einen drehbaren Schirm, auf dem die Sekundärstrahlen erzeugt wurden. Diese machten die Luft in einem Ionisationszylinder leitend, der mit einem Elektrometer zur Messung des Sättigungsstromes verbunden war. Es wurden so Sekundärstrahlen untersucht, die ausgelöst wurden an Goldblättchen von äußerst dünnen bis zu 0,01 cm Dicke,

<sup>4)</sup> Ann. d. Physik **46**, 577 (1915).

<sup>5)</sup> Ann. d. Physik **46**, 785 (1915).



Silberschirme von 0,0001 bis 0,1 cm, Kupfer 0,0009 bis 0,05 cm, Eisen 0,004 bis 0,2 cm, Blei 0,05 bis 0,2 cm, Platin 0,0085 cm, Zink 0,007 bis 0,3 cm, Kohle 0,4 bis 6 cm, Schwefel 2 cm, Papier 0,0052 bis 0,1 cm. Es zeigte sich, daß bereits die dünnsten untersuchten Schirme Sekundärstrahlen aussenden, wenn die Röntgenstrahlen fast streifend ( $90-80^\circ$ ) auffallen. Mit abnehmendem Inzidenzwinkel nahm die Sekundärstrahlung sehr schnell ab. So war z. B. bei einem durchsichtigen Goldblatt die Intensität der Sekundärstrahlung, bei  $85^\circ = 100$  gesetzt, bei  $70^\circ = 66$ , bei  $60^\circ = 42$ , bei  $50^\circ = 10$ , bei  $40^\circ = 0$ ; bei einem 0,00057 cm dicken Papier bei  $80^\circ = 100$ , bei  $70^\circ$  schon 0. Mit zunehmender Dicke des Strahlers wuchsen die absoluten Werte der Sekundärstrahlenmenge; die Strahlen waren dann auch bei kleineren Winkeln meßbar. Von einer bestimmten Dicke an, die desto kleiner war, je dichter das Radiatormaterial, konnte man auch bei senkrechter Inzidenz Sekundärstrahlen feststellen. Folgende Zahlen geben die Dicken an, für die bei allen Winkeln eine meßbare Strahlung erhalten wurde: Gold 0,00002 cm, Silber 0,00007, Aluminium 0,0044, Papier 0,009 cm. Alle bisherigen Angaben beziehen sich auf sehr weiche Strahlen. Die Winkelfunktion ändert sich sehr stark mit der Härte der Primärstrahlen, besonders bei leichten Stoffen, Papier, Aluminium, Kohle. Auch die Menge der erzeugten Sekundärstrahlen nimmt bei dünnen Schirmen stark mit der Härte der Röhren ab. Die Winkelabhängigkeit wird von dem Verf. auf die verschiedene Eindringungsstufe der primären Röntgenstrahlen zurückgeführt. Bei sehr dünnen Blättern ist nur bei streifender Inzidenz so viel Substanz vorhanden, daß an ihr eine meßbare Menge Strahlen zerstreut wird. Je dicker und dichter das Material ist, bei um so kleinerem Einfallswinkel werden die für eine merkbare Zerstreung nötigen Atome von den Primärstrahlen getroffen. Die Dicke des Körpers, bei der er unter senkrechtem Einfallswinkel gerade zu emittieren anfängt, würde hiernach die geringste Eindringungstiefe des Röntgenlichtes angeben, die für eine meßbare zerstreute Sekundärstrahlung gerade nötig ist.

Besondere Versuche betrafen die Stoffe, welche Eigenstrahlen aussenden, wie Eisen, Kupfer, Zink, Platin, Blei, Kohle, Schwefel. Auch bei diesen änderte sich die Intensität der Strahlung stark mit dem Einfallswinkel, und zwar für verschiedene Stoffe in verschiedenem Grade. Die Wirkung ist also

ähnlich, beruht aber hier auf der bei größeren Winkeln zunehmend absorbierten und in die emittierten Eigenstrahlen umgewandelten Energie. Der Verf. fand neue Eigenlinien der genannten Stoffe und bestimmte ihren spezifischen Absorptionskoeffizienten in Aluminium. Die Sekundärstrahlen der Kohle und des Schwefels sind die härtesten bis jetzt bekannten Eigenstrahlen.

Nach W. KOSSEL lassen sich die Massenabsorptionskoeffizienten der K-Eigenstrahlung der Elemente *Fe, Ni, Cu, Zn* bis auf  $1\frac{1}{2}\%$  genau darstellen durch die Formel  $(\alpha/D)_Z = \frac{4,46 \cdot 10^4}{N^2}$ , wo *N* die Ordnungszahl des absorbierenden Elements im periodischen System bedeutet. *Al* und *Ag* gehorchen diesem Gesetz nicht. J. LAUB suchte nun nach einer Formel, die für alle Elemente und alle Strahlensorten gültig wäre<sup>6)</sup>. Er legte seinen Rechnungen die spezifischen Absorptionskoeffizienten  $(\lambda/\sigma)_{Al}$  der Elemente in Aluminium zugrunde und fand, daß sich dabei drei Gruppen bilden lassen:

- I. Gruppe *Fe—Se*  $(\lambda/\sigma)_{Al} = K_1/N^6$ ,
- II. Gruppe *Br—Sn*  $(\lambda/\sigma)_{Al} = K_2/N^{6,5}$ ,
- III. Gruppe *Sb—Ce*  $(\lambda/\sigma)_{Al} = K_3/N^7$ .

Dabei sind die Konstanten  $K_1 = 2836,8 \cdot 10^7$ ,  $K_2 = 1768 \cdot 10^8$ ,  $K_3 = 1164,7 \cdot 10^9$ .

Die L-Strahlung läßt sich durch eine der III. ähnliche Formel darstellen. Die Eigenstrahlen von Kohle und Schwefel gehören einer härteren Klasse an als die K- und L-Strahlen.

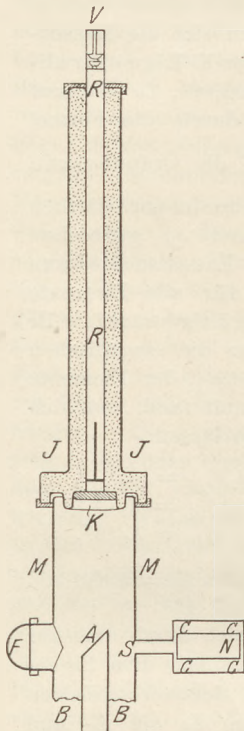
Zur Photometrie der Röntgenstrahlen benutzen W. FRIEDRICH und P. P. KOCH die von letzterem bereits früher zur Photometrie von Lichtstärken verwendete Methode<sup>7)</sup>, bei der die auf einer photographischen Platte hervorgerufenen Schwärzungen miteinander verglichen werden. Bei der Untersuchung der Röntgenstrahlen wurde ein Röhrenphotometer benutzt. Dieses besteht aus einem Satz gleich langer Röhren, die auf der der Lichtquelle zugewandten Seite Deckel mit Öffnungen verschiedener Größe tragen, während sich auf der abgewandten Seite die photographische Platte befindet. Richtet man dieses Röhrensystem gegen eine ausgedehnte, gleichmäßig von allen Punkten und nach allen Richtungen strahlende Fläche, so ist die auf die photographische Platte fallende

<sup>6)</sup> Verh. d. Deutschen Phys. Ges. **16**, 898 (1914); **17**, 104 (1915).

<sup>7)</sup> Ann. d. Physik **45**, 399 (1914).

Intensität für jede Röhre proportional der Fläche der Deckelöffnung. Als strahlende Flächen dienten Metallbleche, die von Röntgenstrahlen zur Aussendung ihrer Fluoreszenz angeregt wurden.

Eine gefahrlose metallische Röntgenröhre hat L. ZEHNDER konstruiert<sup>8)</sup>. Die Figur gibt eine schematische Darstellung



der Röhre. *I* ist ein Hochspannungs-Isolator, *R* ein darin steckendes Kupferrohr mit der Kathode *K*, *M* ein Metallgehäuse aus Messing, *F* ein Fenster für den Austritt der Strahlen, *A* die Antikathode oder Anode. Ein Eisenventil *V* bewirkt den Verschluß der Röhre nach der Evakuierung. Ein kleines Nebengefäß *N* enthält entgaste Kohlenstücke *C*, die durch einen Brenner oder Heizdraht auf einer bestimmten Temperatur gehalten werden und dadurch die Härte der Röhre regulieren; ein Sieb *S* verhindert den Eintritt der Kohlenstücke in die Röhre. Der bei *B* gewellt gezeichnete Boden soll andeuten, daß der Abstand Kathode—Antikathode durch besondere

Schrauben reguliert werden kann, um für photographische Aufnahmen bei jeder Strahlenshärte den schärfstmöglichen Brennfleck zu erhalten. Die Intensität der mit einer solchen Röhre erhaltenen Strahlung war außerordentlich; mit einer 20mal kürzeren Expositionszeit wurden ebensolche Aufnahmen erzielt wie mit allen Gundelach-Röhren des Züricher Spitals. Doch dürfte sich die Wirkung noch erheblich steigern lassen. Der Röhre fehlen die dünnen, sich erwärmenden Platindrähte, die in das Glas der bisherigen Röhren eingeschmolzen wurden. Die Anoden- und Kathodenzuleitungen können so stark gewählt werden, daß keine Erwärmungen auftreten, während die an der Antikathode erzeugte Wärme durch große Kupfermassen auf das Metallgehäuse abgeleitet wird, eventuell auch noch durch Wasserkühlung beseitigt werden

<sup>8)</sup> Ann. d. Physik 46, 824 (1915).

kann. Durch Erdung des Metallgehäuses werden die Personen gegen Funkenentladungen geschützt. Der Verf. verspricht sich von seiner Röhre wesentlichen Nutzen für medizinische Zwecke, da eine sehr intensive Durchstrahlung eines Patienten in relativ kurzer Zeit möglich wird. *Schk.*

**Fortschritte der Radiochemie.** Ausgehend von der Tatsache, daß das Wesen der Radioaktivität darin besteht, daß ein wohldefiniertes chemisches Element unter Aussendung gewisser Strahlenarten sich in ein anderes chemisches Element umwandelt, das im allgemeinen wieder radioaktiv ist, gelangte man zu dem Begriff der radioaktiven Zerfallsreihen, d. h. tabellarischen Übersichten, in denen die einzelnen Radioelemente nach ihrer Entstehung systematisch einander zugeordnet sind. In einem früheren Bericht<sup>1)</sup> sind die bis jetzt bekannten drei radioaktiven Zerfallsreihen wiedergegeben. Es erhebt sich nun die Frage, ob diese Umwandlungen bis ins Unendliche fortschreiten können, oder ob dabei schließlich Elemente auftreten, die nicht mehr radioaktiv sind und daher auch keiner weiteren Umwandlung mehr unterliegen. Vor kurzem noch war man ganz allgemein der Ansicht, daß das letztere der Fall ist, daß also die sogenannten Endprodukte der radioaktiven Zerfallsreihen inaktive chemische Elemente seien. Durch die neuesten Untersuchungen auf diesem Gebiete erhielt man aber Resultate, die eine Modifikation dieser Anschauung erheischen. Hierüber sowie über damit in engem Zusammenhang stehende Fragen soll im folgenden berichtet werden; es handelt sich dabei vor allem um eine Abhandlung von K. Fajans<sup>2)</sup>.

Fassen wir zunächst zum besseren Verständnis des Folgenden noch einmal ganz kurz die wesentlichsten Ergebnisse der Arbeiten zusammen, über die in I berichtet wurde. Die Gesamtheit der Radioelemente läßt sich in mehreren Gruppen vereinigen, von denen jede Gruppe alle die Radioelemente umfaßt, die untereinander chemisch identisch sind. Diese Gruppen bezeichnet man als Plejaden, ihre einzelnen Glieder als Isotope. Auf Grund der Regeln, daß bei jeder  $\alpha$ -Strahlenumwand-

<sup>1)</sup> Dieser Jahrgang, Heft 1, S. 47; im folgenden wird dieses Referat kurz mit I zitiert werden.

<sup>2)</sup> Sitzungsberichte der Heidelberger Akademie der Wissenschaften (Abt. A, Jahrgang 1914 11. Abhandlung.)

lung eine Verschiebung in die zweitniedrigere Gruppe des periodischen Systems, bei jeder  $\beta$ -Strahlenumwandlung aber eine Verschiebung in die nächsthöhere Gruppe stattfindet, gelang es, die Radioelemente in das periodische System einzuordnen, wobei dann der vom Uran bis zum Thallium laufende Teil dieses Systems dadurch charakterisiert ist, daß in ihm nicht ein einzelnes chemisches Element eine Stelle des Systems besetzt, sondern eine ganze Gruppe von Elementen, eben eine Plejade. In der folgenden Tabelle ist dieser Teil des periodischen Systems wiedergegeben. Gemäß dem Prinzip des periodischen Systems, nämlich die Eigenschaften eines Elementes darzustellen als eine Funktion seines Atomgewichts — was ja allerdings bei Kenntnis der Erscheinung der Isotopie heute illusorisch erscheint —, müssen wir nun noch einer jeden Plejade ein bestimmtes Atomgewicht zuschreiben, und es entsteht die Frage, wie wir dieser Forderung am zweckmäßigsten gerecht werden können. Wenn wir uns überlegen, daß alle Glieder einer Plejade chemisch

einander vollständig ähnlich sind, also auch nicht voneinander getrennt werden können, so wird man bei der verschiedenen Lebensdauer, welche die einzelnen Radioelemente innerhalb einer Plejade besitzen, demjenigen Element den überwiegendsten Einfluß auf die Höhe des Atomgewichtes zuschreiben müssen, welches in der betreffenden Plejade das langlebigste ist. Und da sich durchweg in jeder Plejade ein relativ sehr langlebiges Element befindet, so kann man dieses als alleinbestimmend für das Atomgewicht annehmen und sein Atomgewicht der ganzen Plejade zuerteilen. In der Tabelle ist jedesmal das langlebigste Element einer Plejade durch fetten Druck hervorgehoben; auf dieses Element bezieht sich das Atomgewicht, das der ganzen Plejade gegeben worden ist. Man sieht, daß bei dieser Maßnahme in der Tat die einzelnen Plejaden im periodischen System so aufeinander folgen, daß in den Horizontalreihen von links nach rechts das Atomgewicht ständig zunimmt, genau wie es auch in den anderen Teilen des Systems der Fall ist.

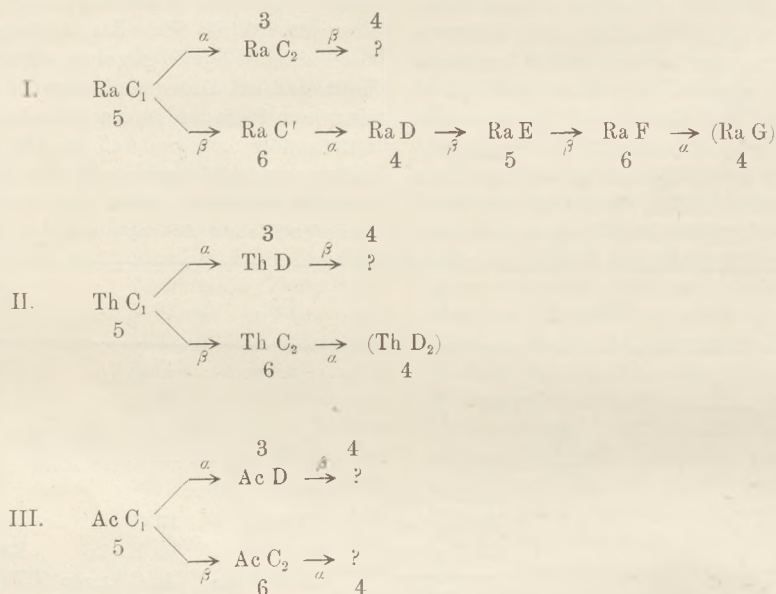
0	I	II	III	IV	V	VI
	<b>Au</b> 196					
		<b>Hg</b> 200	<b>Tl</b> — Ac D 4,7 min Th D 3,1 min Ra C <sub>2</sub> 1,4 min <hr/> 204	<b>Pb</b> — Th D <sub>2</sub> — Ra D 16 J Ac B 36 min Th B 10,6 St Ra B 27 min <hr/> 206	<b>Bi</b> — Ra E 5 Tg Ac C 2,1 min Th C <sub>1</sub> 60 min Ra C <sub>1</sub> 19,5 min <hr/> 208	<b>Ra F</b> 136 Tg Th C <sub>2</sub> (10 <sup>-11</sup> sec) Ra C' (10 <sup>-6</sup> sec) Ac A 0,002 sec Th A 0,14 sec Ra A 3 min <hr/> 210
Ac Em 3,9 sec Th Em 53 sec <b>Ra Em</b> 3,85 Tg <hr/> 222		Ac X 11,5 Tg Th X 3,7 Tg <b>Ra</b> 1800 J Mes Th I 5,5 J <hr/> 226	<b>Ac</b> (30 J) Mes Th II 6,2 St <hr/> 227 (?)	Rad Ac 19,5 Tg Rad Th 2 J Jo 10 <sup>5</sup> J <b>Th</b> 1,8 · 10 <sup>10</sup> J U X <sub>1</sub> 24,6 Tg <hr/> 230	<b>U X<sub>2</sub></b> 1,1 min <hr/> 234	U II (2 · 10 <sup>6</sup> J) <b>U I</b> 5 · 10 <sup>9</sup> J <hr/> 238

Einordnung der Plejaden in das periodische System (nach FAJANS).

Die Zahlen hinter den Radioelementen geben die Halbwertszeit (vgl. I), die Zahlen unter der geschweiften Klammer das (abgerundete) Atomgewicht der Plejade an.

Sodann sind von FAJANS (Le Radium, X, 171, 1913) noch die folgenden, ziemlich allgemein geltenden Regeln aufgefunden worden: Bei  $\alpha$ -Strahlern einer Plejade fällt die Lebensdauer mit fallendem Atomgewicht, bei  $\beta$ -Strahlern steigt sie mit fallendem Atomgewicht. Beispiele für die erste Regel bilden die Thoriumplejade, die Uranplejade, die Emanationen usw.; für die zweite Regel die D-Produkte usw.; eine Ausnahme bei der ersten Regel bildet das Polonium, bei der zweiten Aktinium B und Aktinium X.

Nehmen wir nun die Schemata der letzten Umwandlungen der drei radioaktiven Zerfallsreihen:



Wie man sieht, führen sie alle zu Elementen der vierten Gruppe des periodischen Systems, also zu Gliedern der Bleiplejade, d. h. chemisch gesprochen zu Blei. Die Atomgewichte der einzelnen Endprodukte berechnen sich nach den bekannten Regeln in der Uran-Radiumreihe zu 210,0 resp. 206,0; in der Thoriumreihe beide Male zu 208,4; in der Aktiniumreihe stößt die Berechnung auf Schwierigkeiten, da das Atomgewicht des Aktiniums nicht mit Sicherheit bekannt ist. Aus der erwähnten Beziehung zwischen Lebensdauer und Atomgewicht der Glieder einer Plejade kann man für das gesuchte Atomgewicht den Wert 227 wahrscheinlich machen, und dann ergibt sich für die beiden Endprodukte der Aktiniumreihe dasselbe Atomgewicht, nämlich 207. Wir kommen somit zu dem Schluß, daß es eventuell drei radioaktiv nicht nachweisbare Bleisorten gibt,

welche die Atomgewichte 206,0, 208,4 und ca. 207 haben, während das Atomgewicht des gewöhnlichen Bleis 207,1 beträgt.

Wie steht es nun mit der Lebensdauer dieser Endprodukte? Oder mit anderen Worten: sind diese Bleisotopen wirklich vollkommen stabile, nicht weiter mehr zerfallende Elemente, oder erfolgt ihr Zerfall nur so langsam, daß er unseren heutigen radioaktiven Meßmethoden noch entgehen kann? Ein Anhaltspunkt für die Beantwortung dieser Frage ergibt sich aus der Betrachtung des Bleigehalts radioaktiver Mineralien. Nach Boltwood und Holmes beträgt der Bleigehalt von Uranmineralien mindestens bis zu 5% von ihrem

Urangehalt. Nehmen wir einen weiteren Zerfall des Ra G an, so ergibt sich damit aus der Halbwertszeit des Urans für die Halbwertszeit des Ra G als untere Grenze:

$$0,05 \cdot 5 \cdot 10^9 = 2,5 \cdot 10^8 \text{ Jahre.}$$

Ähnliche Überlegungen ergeben für die Halbwertszeit des Thorbleis die obere Grenze  $2 \cdot 10^7$  Jahre, so daß das Thorblei also mindestens zehnmal kurzlebiger als das Ra G ist. Die Lebensdauer des Aktiniumbleis läßt sich nicht in dieser Weise schätzen, da dieses sich stets nur mit dem Ra G zusammen in der Natur findet. Das aus Uranmineralien gewonnene Blei, das Uranblei, ist also ein Gemisch von Radium- und Aktiniumblei.

Es fragte sich nun, ob die oben erwähnte Differenz in dem Atomgewicht der verschiedenen radioaktiven Endprodukte experimentell nachgewiesen werden könnte, d. h.,

ob man imstande wäre, Unterschiede im Atomgewicht bei Bleipräparaten verschiedenen Ursprungs festzustellen. In der Tat konnte diese Frage im bejahenden Sinn beantwortet werden. Die Atomgewichtsbestimmungen wurden in dem durch seine klassischen Atomgewichtsbestimmungen bekannten Laboratorium von Th. W. Richards an der Harvard-Universität in Cambridge von Richards und Lembergt ausgeführt, und zwar an den folgenden Präparaten: 1. Uranblei aus Joachimsthaler Pechblende, 2. Uranblei aus Carnotit. Die Gewinnung der Bleipräparate aus diesen Ausgangsmaterialien geschah in der folgenden Weise:

1) 25 kg Pechblende wurden geröstet, dann mit einem Gemenge bleifreier Schwefelsäure und Salpetersäure behandelt und dadurch das Uran in Lösung gebracht. Aus dem Rückstand, der das Blei als Sulfat enthielt, wurde dieses mit Natronlauge in Lösung gebracht und durch Ansäuern wieder ausgefällt. Das gewonnene Sulfat wurde dann durch Soda in Carbonat verwandelt und dieses in Salpetersäure gelöst. Das durch Eindampfen gewonnene rohe Nitrat diente dann als Ausgangsmaterial für die Atomgewichtsbestimmungen. Es ist selbstverständlich, daß sämtliche benutzten Reagentien vollkommen bleifrei sein mußten.

2) Das zweite Uranblei wurde aus einer Carnotitmenge aus Colorado gewonnen, die auf ca. 1500 kg Uran nur etwa 4 kg Blei enthielt, und zwar in der Weise, daß der Carnotit mit Soda aufgeschlossen und das Blei mit dem Barium als Sulfat gefällt wurde. Durch Abtrennung des Bleis vom Barium wurde das erstere als rohes Chlorid erhalten, das dann vor der Ausführung der Bestimmung einer weiteren Reinigung unterzogen wurde.

Die erhaltenen Resultate sind die folgenden:

Die Bestimmung des Atomgewichtes des gewöhnlichen Bleies ergab in naher Übereinstimmung mit der internationalen Atomgewichtstabelle den Wert  $207,15 \pm 0,01$ .

Das Blei aus Carnotit zeigte das Atomgewicht  $206,60 \pm 0,01$  und das aus der Pechblende  $206,60 \pm 0,03$ .

Außerdem wurden noch die drei folgenden Präparate untersucht: ein Präparat von 3,8 Gramm Bleichlorid, das aus 110 Gramm Uraninit von North Carolina gewonnen wurde. Als Mittel aus zwei Analysen ergab sich dabei:  $206,4 \pm 0,1$ . Endlich zwei Bleipräparate aus Thorianiten aus Ceylon, welche ca. 60% Thor und 20% Uran enthielten, so daß das gewonnene Blei ein Gemisch von Uran- und

Thorblei darstellt. Sein Atomgewicht ergab sich zu  $206,83 \pm 0,02$ . Da man keine Thorminerale kennt, die nicht auch kleine Mengen Uran enthalten, so kann reines Thorblei nicht erhalten werden, zumal wenn man bedenkt, daß Thor etwa dreimal langlebiger als Uran ist, so daß von dem letzteren mehr in dem Mineral zersetzt wird, und daß das Thorblei mindestens zehnmal kurzlebiger als das Ra G ist, so daß es in kleineren Mengen als dieses akkumuliert wird. Zur Darstellung von sehr reinem Thorblei wären jedenfalls also sehr uranarme Mineralien nötig. Ein geeignetes Mineral dieser Art glaubt FAJANS neuerdings in einem norwegischen Thorit gefunden zu haben, aus dem daher das Blei abgetrennt und auf sein Atomgewicht untersucht werden soll.

Wie sind nun die hochinteressanten Resultate der soeben angeführten Atomgewichtsbestimmungen zu deuten? Zunächst ist sehr wichtig, sich zu vergewissern, daß die Abweichungen der Atomgewichte nicht von Verunreinigungen herrühren können. Das sehr weitgehend gereinigte Carnotitblei, das einen Atomgewichtsunterschied von über 0,5 Einheiten gegenüber dem gewöhnlichen Blei ergab, zeigte ein Spektrum, das von dem Spektrum des gewöhnlichen Bleis nicht zu unterscheiden war und von fremden Linien nur unwägbare minimale Spuren von Kupfer aufwies. Wir haben hier wieder ein Beispiel dafür, daß Isotope auch spektroskopisch identisch sind (vgl. I).

Vergleichen wir nun genauer die erhaltenen Werte mit den theoretisch berechneten. Daß das Uranblei ein niedrigeres Atomgewicht als das gewöhnliche Blei hat, entspricht qualitativ völlig den Erwartungen. Der quantitative Vergleich ist erschwert durch den Umstand, daß wir über das Atomgewicht des zweiten Bestandteiles des Uranbleis, nämlich des Aktiniumbleis, im unklaren sind. Ist das oben angenommene Atomgewicht des Aktiniumbleis richtig, so könnte das zum Teil die Diskrepanz zwischen dem gefundenen Wert 206,6 und dem berechneten des Ra G erklären. Allerdings ist diese Differenz wohl zu groß, um ganz auf das Konto des nur in geringer Menge vorhandenen Aktiniumbleis gesetzt werden zu können. Vielmehr scheint die Annahme nicht von der Hand zu weisen zu sein, daß in den untersuchten Mineralien sich auch gewöhnliches Blei, d. h. also solches nicht radioaktiven Ursprunges, befand und daß dieses den Unterschied herbeigeführt hat. Weitere Untersuchungen an besonders reinen

Ausgangsminerale müssen hier Klarheit zu schaffen suchen. Interessant bleibt jedenfalls als Resultat dieser ersten Versuche, das Atomgewicht in seiner Abhängigkeit von dem Ursprung des betreffenden Elementes festzustellen, daß in der Tat eine solche Abhängigkeit mit Sicherheit hat festgestellt werden können<sup>3)</sup>.

Noch weniger lassen die bei dem Thorblei erhaltenen Resultate eine Diskussion in quantitativer Hinsicht zu, eben wegen der zuvor hervorgehobenen Unsicherheit in dessen Zusammensetzung. Interessant ist auch hier nur die Tatsache, daß das Atomgewicht des Thorbleis merklich höher gefunden wird als

das des Uranbleis. Ob diese Differenz ganz auf Kosten des theoretisch höheren Atomgewichts des Thorbleis zu setzen ist oder ob auch hier der Gehalt an primärabgeschiedenem Blei modifizierend mitgewirkt hat, läßt sich, wie gesagt, mit noch geringerer Sicherheit entscheiden als in dem Fall des Uranbleis.

In welcher Weise die hier beschriebenen Experimente geeignet sind, unseren theoretischen Vorstellungen von der Konstitution der Materie wichtige Stützpunkte zu geben und welche Folgerungen sich daraus für die verschiedensten physikalischen und chemischen Fragen ableiten lassen, ist bereits ausführlich in dem früheren Bericht hervorgehoben worden.

Harry Schmidt.

### 3. Geschichte und Erkenntnislehre.

**Peter Szymański.** Am 19. Juli jährt sich der Tod von Peter Szymański. Als die Nachricht von seinem Hinscheiden die Freunde und Fachgenossen erreichte, war eben der Weltkrieg entbrannt, der alle Gedanken in Anspruch nahm. So kam es, daß unsere Zeitschrift sich mit einem kurzen Hinweis auf den Verlust, den der physikalische Unterricht in ihm erlitten hat, begnügen mußte. Inzwischen ist ein ausführlicher Nachruf von Dr. L. LEVY in der Deutschen Mechanikerzeitung veröffentlicht worden. Wir entnehmen daraus folgende Mitteilungen über seinen Lebensgang und die von ihm geübte Tätigkeit.

Peter Szymański war am 25. November 1851 zu Borek, einer sehr kleinen Stadt der Provinz Posen, als Sohn eines Landwirts geboren, besuchte nach Absolvierung der dortigen Gemeindeschule von Untertertia an das Mariengymnasium in Posen und zeigte schon dort eine ausgesprochene Begabung für Mathematik und Physik. Er hat selbst erzählt, daß er nicht eher geruht habe, als bis er sämtliche mathematische Aufgaben der Sammlung von Meier Hirsch in privater Arbeit gelöst hatte; den Tag, an dem diese Arbeit beendet war, rechnete er zu den glücklichsten seines Lebens. Sein Physiklehrer zog ihn bereits zur Vorbereitung seiner Versuche und zu besonderen physikalischen Übungen heran. Von Michaelis 1871 an studierte er in Berlin Mathematik und Physik und promovierte im Dezember 1876 mit einer Dissertation aus dem Gebiet der Flächen

vierter Ordnung. Nachdem er inzwischen das Militärjahr absolviert hatte, bestand er im November 1880 das Staatsexamen und trat in das Schellbachsche Mathematische Seminar, wo er bald die Aufmerksamkeit des alten Meisters auf sich zog; nach einigen Hilfslehrerjahren wurde er zum Oktober 1884 als ordentlicher Lehrer am Humboldt-gymnasium zu Berlin angestellt. Schon im folgenden Jahre übernahm er den Physikunterricht an der seit 1880 bestehenden Handwerkerschule und ging 1887 ganz an diese Anstalt über, deren Subdirektor er bald wurde, um nach dem Tode des Direktors Jessen an dessen Stelle zu treten.

Seine wissenschaftliche wie seine Unterrichtstätigkeit sind von dem Bedürfnis nach Klarheit und der damit zusammenhängenden Gewissenhaftigkeit beherrscht gewesen. Auch seinen Schülern legte er immer von neuem Ehrlichkeit gegen sich selbst, strengste Exaktheit und Präzision bei allen ihren Arbeiten ans Herz. Er selbst war unablässig bemüht, jeden Fortschritt der Wissenschaft daraufhin zu prüfen, wie weit er ihn für seinen Unterricht verwenden könne; er hat auch die mit den ausgedehntesten Hilfsmitteln erreichten Ergebnisse und die scheinbar schwierigsten Gebiete seinen Schülern vorzuführen unternommen, was ihm bei seiner universellen Beherrschung aller theoretischen und praktischen Hilfsmittel auch in allen Fällen gelang. Sein Unterricht und seine Vorlesungen waren ein Muster strenger Induktion; von Experiment zu Experiment fortschreitend, führte er seine Schüler und Hörer allmählich zu den aus der Erfahrung fließenden allgemeinen Anschauungen. Neben den schon an anderer Stelle (d. Zeitschr. XXVII, 314) angeführten metho-

<sup>3)</sup> *Anm. bei der Korrektur:* man vgl. hierzu die ganz neuerdings von O. Höning Schmid (in den Wien. Ber.) erhaltenen Resultate, über die ein besonderer Bericht erscheinen wird.

dischen Arbeiten legt eine ganze Reihe brauchbarer Unterrichtsapparate Zeugnis von seinem Können ab, so ein Blatt-Elektroskop, ein Stromanzeiger für Wasser- und Luftströme zum Nachweis der Analogie zwischen diesen und den elektrischen Strömen, ein dem Thomsonschen nachgebildetes Spiegelgalvanometer, das zwar heut durch die Drehspulinstrumente überholt ist, aber doch ein für alle Zwecke hinreichend empfindliches, dabei einfaches, übersichtliches und mit geringen Mitteln ausführbares Instrument darstellte.

Erwähnung verdient endlich noch, daß seine Dienste auch in den Ferienkursen für

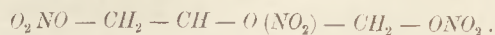
Lehrer an höheren Schulen von der Staatsregierung in Anspruch genommen wurden; ferner leitete er im Auftrage des Magistrats von Berlin praktische elektrotechnische Übungen für Lehrer, die sich uneingeschränkten Beifalls erfreuten, und hielt vor Mitgliedern der Stadtverwaltung eine Reihe von Vorlesungen über Elektrotechnik ab, die von zuständiger Seite als Muster einer Darstellung eines zusammenhängenden Wissensgebietes vor gebildeten Laien bezeichnet werden. So hat er sich dauernde Verdienste weit über die Grenzen der Anstalt hinaus, an der er wirkte, erworben. P.

#### 4. Unterricht und Methode.

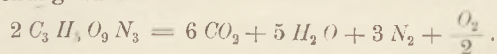
**Krieg und Chemie.** Freund und Feind stimmen in ihrem Urteil darin überein, daß im gegenwärtigen Weltkriege der naturwissenschaftlichen Technik, und nicht zuletzt der chemischen, eine ganz besondere Bedeutung beizumessen ist. Schon Bismarck hatte diese Bedeutung geahnt, indem er 1894 einer Abordnung gegenüber in Friedrichsruh sich dahin äußerte, daß es weniger die friedliche Gesinnung der Regierungen sei, die den Frieden erhalte, als die wissenschaftliche Leistungsfähigkeit der Chemiker in der Erfindung neuer Pulverstoffe und der Techniker in der Vervollkommnung der militärischen Ballistik, daß der Chemiker bisher die Schwerter in der Scheide halte, und daß seine Erfindungen über Krieg und Frieden entscheiden. Heute wissen wir, daß nicht nur die chemische Technik, sondern diese im Verein mit der physikalischen und der ganzen Ingenieurkunst das Entscheidende ist. Haben doch gerade die Leistungen unserer gesamten naturwissenschaftlichen Technik und der damit verknüpfte Aufschwung Deutschlands im Welthandel am meisten den Neid unserer Feinde, insonderheit Albions, erregt, und hat doch gerade durch dieses volkswirtschaftliche Ingrediens der Krieg die furchtbare Bitterkeit und Schärfe erhalten. Hier soll indessen nur die Bedeutung der Chemie im Kriege ins Auge gefaßt werden, und zwar an der Hand bislang vorliegender wertvoller Veröffentlichungen und im besonderen Hinblick auf unterrichtliche Verwertung.

Wir folgen zunächst einer Arbeit von H. WIELAND, München, „Einiges von der Chemie und von der Anwendung der Explosivstoffe“<sup>1)</sup>,

die einen vortrefflichen Überblick über die Entwicklung der Sprengstofftechnik gibt. Der intermolekularen Oxydation des Schwarzpulvers, bei der die sprengende oder geschosstreibende Wirkung auf der raschen, von starker Gasentwicklung begleiteten Verbrennung der Kohle und des Schwefels durch den Sauerstoff des Salpeters beruht, steht die intramolekulare Wirkung der neueren Sprengstoffe gegenüber, wo die Grundsubstanz ein chemisch einheitlicher Körper ist, der unter bestimmten Bedingungen eine jähe innere Oxydation erfährt unter Zersprengung des molekularen Gefüges in einen Schwarm gasförmiger Endprodukte. Die wichtigsten dieser letzteren Sprengstoffe hatte der Chemiker schon seit längerem in der Hand; doch waren dem ungünstigen Charakter derselben erst noch die nötigen Zügel anzulegen. Die Nitrozellulose oder Schießbaumwolle wurde 1846 von Schönbein in Basel entdeckt [der die Verwendbarkeit für Kriegszwecke sogleich erkannte, vgl. den Bericht des Ref. über die vorzügliche Kahlbaumsche Monographie Schönbeins, d. Zeitschr. *XV*, S. 249], das Nitroglycerin ein Jahr darauf von Sobrero in Turin; die Pikrinsäure, vom Deutschen Hausmann zuerst beschrieben, war gar schon seit 1780 bekannt und wurde als harmloser Farbstoff verwendet. Die beiden erstgenannten sind keine wirklichen Nitrokörper, sondern die Salpetersäureester der mehrwertigen Alkohole Glycerin und Zellulose. Die Konstitution des Nitroglycerins ist

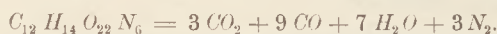


Den explosiven Zerfall drückt die Gleichung aus:



<sup>1)</sup> Monatshefte f. d. naturw. Unterr., 3. Kriegsheft 1915, S. 145-159.

Der Zellulose legt man gewöhnlich den Komplex  $C_{12}H_{20}O_{10}$  zugrunde. Je nachdem in ihm 4 oder 5 oder 6 Hydroxylgruppen durch Salpetersäure verestert sind, spricht man von Tetra-, Penta- und Hexanitrozellulose. Erstere ist identisch mit der Kollodiumwolle, die für Zelluloid und künstliche Seide viel verarbeitet wird. Penta- und Hexanitrozellulose werden gewöhnlich als Schießbaumwolle bezeichnet; das schwächer nitrierte Material dient als Ausgangsmaterial für die rauchlosen Pulver, das erschöpfend nitrierte als Füllung militärisch wichtiger Sprengkörper, wie Minen und Torpedos. Die Explosion der Schießbaumwolle verläuft ungefähr nach der Gleichung



Hier findet also, anders als beim Nitroglycerin, keine totale Verbrennung des vorhandenen Kohlenstoffs statt.

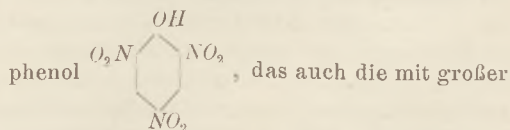
Das gefährliche Nitroglycerin, das „Sprengöl“, brachte bekanntlich Nobel 1863 in die Form des Gurdynamits; dieses ist bei uns heute so gut wie verschwunden. Viel wichtiger ist die zweite Entdeckung Nobels. Bei den vielen Versuchen, die Eigenschaften des Dynamits zu verbessern, fand er, daß Schießbaumwolle in der Wärme von Nitroglycerin gelöst wird, und daß schon mit wenigen Prozenten des festen Stoffes beim Erkalten eine homogene kautschukartige Masse entsteht, die Sprenggelatine, die eine geradezu ideale Form des Sprengöls darstellt, da sie neben großer Wirksamkeit von hoher Sicherheit in der Handhabung ist. Ihr Abkömmling ist der hervorragendste und meist benützte Sprengstoff, das Gelatinedynamit.

Zur Abschwächung der starken Brisanz der Sprenggelatine sind ihr organische Substanzen, wie Mehl, Holzmehl oder noch besser Nitrate, besonders Ammoniumnitrat, zugesetzt; bei letzterem bleibt kein fester toter Rückstand. Bei allen Sprengungen zu den großen modernen Kulturbauten, aber auch bei der Zerstörung der letzteren im Kriege kommt fast ausnahmslos nur Gelatinedynamit zur Anwendung.

Die Herstellung eines brauchbaren Schießwollpulvers gelang zuerst den Österreichern Friedrich Volkmann 1870 [und Lenk], die endgültige Lösung des Problems aber erst 1886 dem französischen Ingenieur Vieille. Die Grundsubstanz des rauchschwachen Pulvers ist die nitrierte Baumwolle; um die erwünschte Verringerung der Verbrennungsgeschwindigkeit

zu erhalten, wird dem in Hollandern feingemahlten Stoffe ungefähr die gleiche Gewichtsmenge eines organischen Lösungsmittels, wie Äther-Alkohol, Essigäther, Aceton, zugesetzt, und zwar durch längeres Mischen und Kneten, bis aus dem Ganzen eine homogene Gelatine geworden ist. Durch Walzen und Trocknen bei erhöhter Temperatur wird das Lösungsmittel zum großen Teile entfernt. Die Verminderung der Brisanz ist wohl dadurch zu erklären, daß sich zwischen die Moleküle des Explosivstoffs die des trennenden Lösungsmittels, das beim Trocknen nicht völlig entfernt wird, hineingeschoben haben. Daher vermindern indifferente Stoffe, wie Vaseline, Öl, Fett oder Kampfer, die Brisanz noch weiter; andererseits vermag man für gewisse Zwecke durch einen Zusatz von Nitroglycerin die Brisanz zu steigern. Es kommt aber ferner noch darauf an, durch Vergrößerung der Oberfläche das richtige Tempo des Ab Brennens zu erreichen. Hieraus erklären sich die mannigfachen Formen der rauchlosen Schießpulver, die Blättchen der deutschen, französischen und russischen Infanteriemunition, die Schnüre (der Cordit) der Engländer, die Fäden (Filit) der Italiener, die Zylinder, Röhren, durchlochten Prismen und Würfel für Geschütze. Die Geschützpulver enthalten übrigens fast alle Nitroglycerin, auch das englische und italienische Gewehrpulver ist durch hohen Nitroglycerin gehalt ausgezeichnet. Der Cordit z. B. ist nach dem Prinzip des Nobelschen Ballistits aus 65% Schießbaumwolle, 30% Nitroglycerin und 5% Vaseline zusammengesetzt.

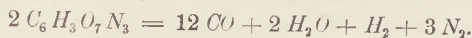
Außer den genannten Estern sind einige Nitrokörper der aromatischen Reihe hervorragende Sprengstoffe. Am längsten bekannt und benutzt ist die Pikrinsäure, das Trinitro-



Oxydationsenergie ausgestattete Gruppe  $NO_2$  enthält, aber nicht wie die genannten Ester mit Sauerstoff verbunden, sondern in direkter Vereinigung mit Kohlenstoff. Als Sprengkörper ist sie erst 1886 durch Turpin herangezogen worden, nachdem 14 Jahre vorher Sprengel ihre Eigenschaft, durch Zündung mit Knallquecksilber äußerst brisant zu detonieren, beobachtet hatte. Daher ist ihr Anwendungsgebiet die Granaten- und Minenfüllung; die Schrapnells enthalten noch etwas Schwarzpulver, woraus sich die weißen Wölk-



ehen beim Platzen erklären. Auch dient Pikrinsäure ebenso wie gepreßte feuchte Schießbaumwolle zur Ladung von Torpedos und Seeminen. In all diesen Fällen wird der Hohlraum des eisernen Sprengkörpers mit der geschmolzenen Säure ausgegossen. Melinit (wegen der honiggelben Farbe), Lyddit, Ekrasit sind nur verschiedene Namen für geschmolzene oder auch gepreßte Pikrinsäure. Die explosive Zersetzung erfolgt nach der Gleichung:



Neben diesen Gasen treten stets Blausäure  $CNH$  und höhere Oxyde des Stickstoffes,  $NO$  und  $NO_2$ , auf, die gemeinsam mit  $CO$  den Explosionsbezirk großer Ladungen aufs heftigste vergiften. — Trotzdem die Pikrinsäure an sich ganz gefahrlos ist, besitzt sie als Säure die unerwünschte Eigenschaft, Metalle anzugreifen, und gerade die Schwermetallsalze sind empfindlich und können bei starkem Stoß Anlaß zu Explosionen geben. Daher wird zurzeit die Pikrinsäure fast allgemein durch das neutrale und daher weniger



das Produkt der erschöpfenden Nitrierung des Toluols ersetzt. An diesem jetzt so überaus wichtigen Kohlenwasserstoff, der neben Benzol im Steinkohlenteer in ansehnlicher Menge auftritt, werden wir während des Krieges keinen Mangel haben. — Sehr wichtig ist noch die Stabilitätsfrage der Munitionspulver. Um die bei nicht genügender Reinigung der Schießbaumwolle entstehenden gefährlichen Stickoxyde unschädlich zu machen, setzt man den Schießwollpulvern jetzt allgemein Stoffe zu, die rasch mit jenen reagieren, z. B. Harnstoff, Anilin, Diphenylamin, sog. Stabilisatoren. Dennoch ist peinlichste Überwachung und zuweilen die Erneuerung ganzer Lager erforderlich.

Auch auf einige thermochemische Verhältnisse geht WIELAND näher ein. Wesentlich für einen Explosivstoff ist die bei der Zersetzung auftretende Volumvergrößerung, die Drucksteigerung; sie beträgt z. B. für das flüssige Nitroglycerin (Dichte = 1,6) das 1050fache des ursprünglichen Volumens. Die einem Explosionsvorgange zugrunde liegende Reaktion muß notwendigerweise von positiver Wärmetönung sein. Damit ist nicht gesagt, daß der Explosivstoff selbst endotherm sein müsse. Man muß scharf zwischen Explosiv-

stoff und explosibler Substanz unterscheiden. Die bekanntesten explosiblen Substanzen, wie Knallquecksilber, Stickstoffwasserstoffsäure, Chlor- und Jodstickstoff, Ozon, Hydroxylamin, Acetylen, sind in der Tat endothermische, sehr labile Verbindungen, bei denen oft schon die geringsten Einflüsse mechanischer oder chemisch katalytischer Art genügen, um den Molekularverband zu sprengen (Knallquecksilber  $Hg(CNO)_2$  zerfällt glatt in  $Hg + N_2 + 2 CO$ , Stickstoffwasserstoffsäure  $2 HN_3$  in  $3 N_2 + H_2$ ). Es sind dies die sensiblen Stoffe, die aber gerade deshalb als eigentliche Explosivstoffe nicht verwendbar sind. Es trifft auch nicht zu, daß die hochsensiblen Körper besonders energiereich seien; zeigt doch beispielsweise die Rechnung, daß das endothermische Knallquecksilber etwa nur ein Viertel von der Reaktionswärme des exothermischen Nitroglycerins entwickelt, nämlich 410 Kal. pro kg. Die Sensibilität hat also mit dem Energieinhalte einer Verbindung nicht das mindeste zu tun; wie es denn auch endothermische Stoffe gibt, die nicht im geringsten explosibel sind, wie Schwefelkohlenstoff, Blausäure, Hydrazin, Jodwasserstoff, Stickoxyd. Nach der sog. Fallhammerprobe gemessen, erhält man hinsichtlich der Empfindlichkeit folgende Gruppierung: Jodstickstoff, Knallsilber, Knallquecksilber, Nitroglycerin, Gurdynamit, Gelatinedynamit, Schießbaumwolle, Blättchenpulver, Schwarzpulver, Pikrinsäure, Trinitrotoluol, Ammoniumnitrat (doch ist letzteres, der Hauptbestandteil der Sicherheitssprengstoffe, durch Schlag allein überhaupt nicht zur Detonation zu bringen).

Ganz wesentlich für die Zersetzungsgeschwindigkeit und überhaupt für die Wirkung eines Explosivstoffes ist die Art, wie er zur Explosion gebracht wird. Die in der Spreng- und Schießtechnik gegenwärtig fast ausschließlich angewandte Methode besteht darin, den Explosivstoff einer primären Explosion auszusetzen. Man spricht von einer „Initialzündung“ oder allgemeiner (da z. B. beim Ammoniumnitrat eine Zündung überhaupt nicht eintritt) „Initialimpuls“. Der Stoff, der diese Rolle übernimmt, ist das von Howard bereits 1800 entdeckte Knallquecksilber, das Quecksilbersalz der [von Liebig näher untersuchten] Knallsäure, die jetzt als das Oxim des Kohlenoxyds  $C = NOH$  erkannt worden ist. — In physikalischer Hinsicht ist interessant, daß die Übertragung einer Explosion mittels Initialimpulses nicht durch die Hitze- oder Feuerwirkung dieser primären Explosion

geschieht; sie geht vielmehr auch durch trennende Schichten, wie Holz, Glas oder Wasser. So können Seeminen durch eine in der Nähe stattfindende Explosion zur Entladung gebracht werden, und durch eine Explosion in einer Sprengstofffabrik können räumlich getrennte Lager in Mitleidenschaft gezogen werden. Es hängt dies alles mit dem von Berthelot näher untersuchten Stoß der bei jeder heftigen Explosion auftretenden Explosionswelle zusammen [ein Schulbeispiel für diese Sache, das der Vergessenheit entrissen zu werden verdient, ist die große Explosion, die sich vor etwa zwei Dezennien in Berlin-Schöneberg bei der Luftschiffer-Abteilung ereignete; durch eine einzige örtlich begrenzte Explosion wurde das ganze Lager der aufgestapelten Stahlflaschen mit komprimiertem Wasserstoff in einem Nu zur Explosion gebracht]. Bemerkenswert ist noch, daß die Explosionsgeschwindigkeit auch von der Intensität des Initialimpulses abhängig ist; eine größere Menge der Initialsubstanz ruft eine brisantere Explosion hervor. Auch je nach der Sensibilität des Sprengstoffs sind mehr oder minder große Mengen des Initiators, der in kupfernen Sprengkapseln zur Verwendung gelangt, notwendig. Diese Sprengkapseln werden daher in 10 Sorten, mit 0,3 bis 3 g Knallquecksilber (dem meist noch etwas Kaliumchlorat und Schwefelantimon zugesetzt ist), hergestellt. Die Zündung geschieht meist auf elektrischem Wege, durch die Widerstandswärme. Die Zündung durch Zündschnur spielt hauptsächlich nur noch eine Rolle bei den Zeitzündern der Granaten. Die Pulverladungen der Geschütze, die Kartuschen, werden durch die Reibungswärme beim „Abziehen“ des am unteren Ende gerauhten Reibungsdrahtes unter Einschaltung eines sensiblen Zündsatzes zur Explosion gebracht. Bei den Handfeuerwaffen werden die seit 1815 bekannten, mit Knallquecksilber gefüllten Zündhütchen durch den Aufschlag des Hahnes zur Detonation gebracht. Über unsere Versorgung mit Munition gibt WIELAND schließlich beruhigende Versicherungen ab. —

Die Frage, wieviel wir aus der Chemie der Sprengstoffe im Unterricht bzw. in den chemischen Schülerübungen bieten sollen, wird zurzeit sehr verschieden beantwortet. Während in einigen, offenbar auch dem Unterrichtsinteresse dienenden Veröffentlichungen lange, sich durch mehrere Hefte der betr. Zeitschriften hinziehende Reihen von Versuchen mit Sprengstoffen geboten werden, wird andererseits gerade in dieser Zeit der

Kriegsbegeisterung die Notwendigkeit einer verstärkten Beschränkung betont. So hält K. SCHEID in einem Aufsatz „Chemieunterricht während des Krieges“<sup>2)</sup>, der sonst viel nützliche Hinweise und geeignete Belehrungen enthält, einen Versuch mit Nitroglyzerin überhaupt für ausgeschlossen, und möchte auch den lehrreichen Versuch, geringe Mengen von Blättchenpulver, Schwarzpulver oder Schießbaumwolle in einem weiten Probierglas durch Hitze zum Verpuffen zu bringen, in den nächsten Monaten nicht ausgeführt wissen; man solle sich begnügen, bei der Behandlung des Blättchenpulvers ein wenig Blättchenpulver im eisernen Löffel durch Anzünden zu verbrennen, ebenso in Gegenwart der Schüler gemischtes Mehlpulver unter dem Abzug zu verbrennen, eine Flocke selbstbereiteter Schießbaumwolle auf einem Drahtnetz neben roher Baumwolle zu entzünden, schließlich zur Erläuterung der Darstellung des Blättchenpulvers eine Lösung der nitrierten Wolle in Äther herzustellen und das beim Verdunsten in der Porzellanschale verbleibende Häutchen zu verbrennen. Beim Phenol bzw. Trinitrophenol wird ebenda die Darstellung einer kleinen Menge der Pikrinsäure und das Verpuffen eines Körnchens Kaliumpikrat in einem Glühröhrchen empfohlen. Das sind so gut wie alle Versuche über die Explosivstoffe. Das besonders in diesem Kriege so wichtige Trinitrotoluol ist anscheinend nicht erwähnt.

Vom Standpunkt der Unfallverhütung aus ist es gewiß gerechtfertigt, darauf hinzuwirken, daß in dieser schon so viele Opfer an jungen Menschenleben fordernden Zeit nicht auch schwerere Unfälle beim häuslichen Experimentieren mit gefährlichen, durch das Kriegsinteresse nahegelegten Stoffen stattfinden. Andererseits glauben wir, daß in dieser ersten Zeit, die uns zeigt, wieviel wir gerade der deutschen, bis ins kleinste durchgeführten Disziplin verdanken, eine nachdrückliche Verwarnung, daß der und jener im Unterricht vorgeführte Versuch nicht beim häuslichen Experimentieren wiederholt werden dürfe, bei unseren jetzt doppelt willigen jungen Leuten auf absoluten Gehorsam rechnen darf. Bringt man noch den „Grundsatz der kleinsten Mengen“ (vgl. die Schrift des Ref. „Die Verhütung von Unfällen“, Berlin, Winckelmann & Söhne, 2. Aufl. 1914, S. 3) genügend zur Geltung, und stempelt man durch die stete Verwendung einer Glasschutzplatte die

<sup>2)</sup> Monatsh. f. d. naturw. Unt. 1914. S. 536 ff.

Versuche für die Schüler zu Demonstrationsversuchen, die nicht ohne weiteres wiederholt werden dürfen, so kann man getrost die Grenzen etwas weiter stecken. In diesem Sinne und mit diesen Vorbehalten seien einige weitere Versuche hier wiedergegeben.

Zunächst wird zweckmäßig ein mit kleinsten Mengen vorgenommener Versuch mit Kaliumchlorat — etwa ein Wiederholungsversuch des bekannten Verreibens einer stecknadelkopfgroßen Menge roten Phosphors im größeren Porzellanmörser und Aufstreuens und Verreibens einiger Kristallschuppen des Kalium chloricum crystallisatum — die größere Wirksamkeit des Chlorates gegenüber dem Nitrat, die man sich besonders bei der Marine verschiedentlich zunutze macht, veranschaulichen. Für die übliche Herstellung kleiner Mengen einer wirksamen Schießbaumwolle empfiehlt sich die Verwendung von rauchender Salpetersäure, auf die neulich von H. Sommerlad hingewiesen wurde (man verwende eine geringe Menge derselben, die man allmählich mit dem gleichen Volumen konzentrierter Schwefelsäure mischt und etwas kühlt, vgl. diese Zeitschr. XXVII, S. 348). Ref. hatte diese Verwendung schon vor jener Notiz erprobt und im Unterricht benutzt. Um schneller zum Ziele zu gelangen, kann man unbedenklich die nitrierte Baumwolle, die man nach gründlichem Auswaschen zu zwei etwa handtellergroßen und 1 cm dicken Massen formt, in einem mäßig erwärmten Trockenschrank behandeln und von Zeit zu Zeit das Abdunsten kontrollieren bzw. durch Umlegen und weiteres Zerteilen beschleunigen.

Eine Reihe wertvoller Daten und Versuchsanordnungen bietet ein Aufsatz von B. MENDELSON, Posen, „Experimente zur explosiven Technik“<sup>1)</sup>, aus dem einiges wiedergegeben sei. Zur Herstellung einer geringen Menge Knallquecksilber löst man im Kölbchen 2 g Hg in 25 ccm  $HNO_3$  (sp. G. 1,34 bis 1,4), bringt die Lösung in ein Becherglas, erwärmt im Wasserbade auf 30° und setzt — am besten im Freien, z. B. auf dem Fensterbrett [Ref. operiert in solchen Fällen gern einhändig auf dem Blumenbrett, hinter dem geschlossenen linken Fensterflügel] — 20 g Alkohol von 98% portionsweise hinzu. Nach Zufügen der ersten Hälfte erfolgt eine stürmische Reaktion unter Entwicklung dichter Dämpfe. Ist diese auf der Höhe, so mäßigt man sie durch Zusetzen neuer Alkohol-

portionen; nach  $\frac{1}{4}$  bis  $\frac{1}{2}$  Stunde hören die Dämpfe auf und es lagert sich, oft erst nach längerer Zeit, ein grüner Niederschlag ab. Man filtriert ihn ab, wäscht mit verd. Alkohol, bis das Filtrat nicht mehr sauer reagiert, dann mit 90% Alkohol und breitet das Filter auf mehreren Lagen von Fließpapier [auf Asbestpappe] aus und überdeckt mit großem Trichter. Erwärmt man ein wenig von dem fertigen Präparat auf eiserner Unterlage, so verpufft es bei 187° mit schwachem Knall, mit stärkerem bei elektrischer Funkenzündung. In Papier gewickelt, detoniert es meist bei starkem Hammerschlag heftig; leichter bei Gegenwart von etwas Bimsstein oder Glaspulver oder noch besser von einem Explosionsgemisch aus gleichen Teilen Knallquecksilber und chlorsaurem Kali, gemengt mit der halben Menge des letzteren an Schwefelantimon: auch diesem Gemenge setzt man einige Prozent Glaspulver zu und verwendet nur eine kleine Messerspitze davon. — Nitroglycerin. Man mengt 5½ g  $HNO_3$  (sp. G. 1,4), also ~ 4 ccm mit 8 g sehr konz.  $H_2SO_4$  (sp. G. 1,82), also ~ 4½ ccm; in das [durch Kältemischung] gut gekühlte Gemenge werden 2 g Glycerin (sp. G. 1,26, also ~ 1,6 ccm) unter Umschwenken des Kolbens tropfenweise zugefügt; letzteres erwärmt man zweckmäßig vorher auf ~ 30° [in der Hand], um es dünnflüssiger zu machen und kühlt während des Zutropfens (Temperatur steige nicht über 25°). Nach beendigtem Zusetzen des Glycerins überläßt man die Mischung unter zeitweisem Umschütteln ~ 15 Min. sich selbst. Das Öl schwimmt nun auf der Säure. Die Mischung gießt man in  $\frac{1}{4}$  l Wasser; bald scheidet sich das schwerere Öl auf dem Boden ab; man dekantiert und schüttelt noch 3- bis 4mal mit der gleichen Wassermenge. bis letzteres kaum noch sauer reagiert. Die letzten Anteile Wasser entzieht man dem Öle am besten mit Fließpapier (oder trockenet im Exsikkator neben Calciumchlorid). Ein Tropfen, für sich auf Eisenblech entzündet, brennt ruhig ab. Schnell über 220° erhitzt, explodiert es [Versuch erheischt Vorsicht; Ref. verwendet 2 bis 3 Tropfen außerhalb des Unterrichts hergestellten Sprengöls im Porzellanschälchen auf eisernem, weitmaschigem Drahtnetz; Dreifuß samt Brenner ist auf Asbestpappe gestellt, die Klasse durch Glaschutzplatte gesichert; nach dem Entzünden des ganz geöffneten Brenners tritt man zurück; die Detonation ist beträchtlich und in ihrer Wirkung sehr instruktiv: das Drahtnetz wird genau kreisförmig ( $d = \sim 3$  cm) nach

<sup>1)</sup> Aus der Natur. Jg. 11, Heft 6, S. 297, und 7, S. 362.

unten durchschlagen.] Wird das obige Explosionsgemisch (von Schwefelantimon usw.) in Papier eingeschlossen mit dem Sprengöl befeuchtet, so erfolgt durch den Schlag heftige Detonation. Ähnlich verhält sich der Gurdynamit, den man erhält, wenn man dem Sprengöl  $\frac{1}{3}$  bis  $\frac{1}{2}$  des Gewichtes an Kieselerde zufügt. Man verwendet nur eine Messerspitze des Gurdynamits. Mittels des obigen Explosionsgemisches kann man auch ein wenig Schießbaumwolle (vgl. oben) auf dem Amboß zur Explosion bringen. Das Gasvolumen, das bei der Explosion von 1 kg Schießbaumwolle frei wird, beträgt u. n. B. 859 l, ist also größer als das von 1 kg Nitroglyzerin (712 l), doch ist die Wärmemenge geringer, ~ 1040 Kal. gegen 1470 Kal. des Sprengöls; infolge hiervon ist die Explosionstemperatur nur 2660° gegen 3150° beim Sprengöl und die Arbeitsfähigkeit pro 1 kg nur 441700 m/kg gegenüber 624600 m/kg beim Sprengöl. Um die Gelatinierung zu bewirken, verwendet man am besten Aceton. Man fügt unter Umrühren so viel Schießwolle hinzu, daß eine dicke Gelatine entsteht; man breitet sie auf einer Glasplatte aus und läßt sie trocknen; mit kleinen Teilen derselben lassen sich dieselben Versuche (auch Abbrennen über einer kleinen Menge Schießpulver, das sich nicht entzündet) bequemer wiederholen. — Auch über die Pikrinsäure macht MENDELSONH nähere Angaben. Mit dem obigen Explosionsgemisch in Papier gewickelt, detoniert eine kleine Messerspitze der Pikrinsäure beim Schlage sehr heftig. 1 kg Pikrinsäure liefert nur 574 l Gas, die Wärmemenge ist nur 873 Kal., doch ist die Temperatur sehr hoch, ~ 2832°, und die Detonationsgeschwindigkeit, ~ 8000 m/sec, die höchste der in der Kriegstechnik verwendeten Explosivstoffe; die Arbeitsfähigkeit ist 371000 m/kg. Um einen Sicherungssprengstoff zu demonstrieren, menge man  $\frac{1}{2}$  g geschmolzen gewesenes Pikrinsäure-

pulver mit 4 g ebenfalls vorher geschmolzenem Ammoniumnitrat; das Gemenge ist gegen Schlag unempfindlich. Mengt man ein wenig davon mit dem Explosionsgemisch im Verhältnis von 3:1, so detoniert es, in Papier gewickelt, beim Schlage sehr heftig. 1 kg der technischen Mischung liefert nur 381 Kal., auch nur 1134° Temperatur, dafür aber 976 l Gas. Eine Mischung von Trinitrotoluol, Ammoniumnitrat und etwas Aluminium, sog. Ammonal wird zur Fällung großer Granaten benutzt, die die wichtige Aufgabe erfüllen, erst hinter den durchschlagenen Panzerplatten zu explodieren. Ein Nachteil dieses Gemisches ist die starke Wasseranziehung des Nitrates. —

Aus dem Gebiete der Sprengstoffe, auf die wir die Betrachtung hier beschränken wollen, wird sich auch sonst mancherlei Nützlichendes unmittelbar vorweisen lassen. Von im Felde stehenden Kollegen oder auch, auf Anregung, von den Schülern erhält man leicht Gewehrpatronen, Granatsprengstücke, Schrapnellzylinder u. ä. Ref. erhielt z. B. französische Gewehrpatronen in Originalpackung „8 cartouches M<sup>le</sup> 1886 D Ve 2. 4. 04“ von der folgende Daten mitgeteilt seien: Gesamtgewicht einer Patrone 27,5 g, Geschoß 13 g, Ladung des Blättchenpulvers 3 g, messingene Hülse mit Initialzündmasse 11,5 g. Ferner erhielt Ref. etliche Streifen einer nitrirten gelbbraunen Gelatine, wie sie die menschenfreundlichen Russen zum Feueranlegen in ihren Tornistern tragen; der einzelne Streifen hatte die Abmessungen 10 cm : 2 cm : 0,5 mm und wog kaum 2 g. Die Masse brennt mit sehr wirksamer rauchloser Flamme recht langsam ab; ein Stückchen von 2 qcm bedurfte 6 Sek.

All diese Dinge und Versuche erregen natürlich das Interesse der Schüler in dieser Kriegezeit aufs lebhafteste, sie sind aber auch an sich wert, ihrem Verständnis näher gebracht zu werden. (.)

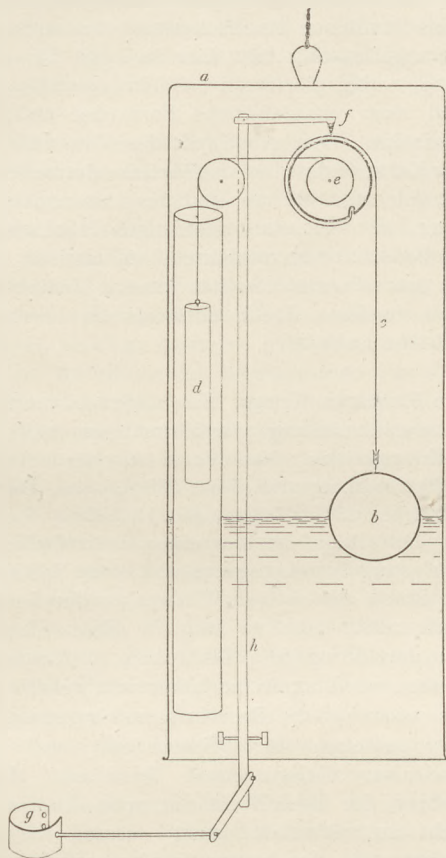
### 5. Technik und mechanische Praxis.

**Einige Seemeßapparate.** 1. Ein einfaches Temperaturlot. Von W. SCHMIDT<sup>1)</sup>. In einer unten offenen „Taucherglocke“ von 30 cm Höhe und 20 × 10 qcm Querschnitt befindet sich ein Schwimmer (s. Figur). Je tiefer die Glocke im Wasser herabsinkt, umso stärker wird die in ihr enthaltene Luft zusammen-

gepreßt, desto höher steigt die Wasseroberfläche in der Glocke und mit ihr der Schwimmer. Dieser spannt einen Papierstreifen, der von einem auf der andern Seite befestigten Gewicht über eine Walze gezogen wird. Zur Temperaturmessung dient ein Bimetallthermometer, das durch Hebel seine Bewegungen auf einen Schreibstift überträgt, der auf dem vorbeibewegten Papierstreifen markiert. Auf diesem erscheint

<sup>1)</sup> Zeitschr. f. Instrumentenkunde 34, 328 (1914).

so eine Kurve, deren Abszisse die Temperatur, deren Ordinate die Tiefe mit nach unten enger werdender Teilung ist. Das im Lunzer



See erprobte Instrument reichte für 60 m Tiefe aus.

2. Ein von Lord Kelvin konstruierter Tiefenmesser beruht auf der Zusammenrückbarkeit der Luft, ist aber nur bis 400

oder 500 m Tiefe brauchbar. Für größere Meerestiefen benutzte A. BERGER die Zusammendrückbarkeit des Wassers<sup>2)</sup>. Ein mit Wasser gefüllter Behälter läuft unten in eine innen versilberte geteilte Röhre von  $\frac{1}{2}$  mm Durchmesser aus, die mit einem seitlich angebrachten offenen Quecksilbergefäß in Verbindung steht. Beim Einsenken des Apparats in das Wasser dringt durch den äußeren Druck das Quecksilber in die geteilte Röhre. Dadurch wird die Versilberung bis zu einem bestimmten Punkte weggefressen, woraus sich die erreichte Tiefe bestimmen läßt. Mit einer hydraulischen Presse wird der Apparat vor seiner Benutzung geeicht.

3. Zur Bestimmung der Gravitation auf See benutzte L. J. BRIGGS eine Vorrichtung<sup>3)</sup>, die aus einem als Luftkammer dienenden geschlossenen Glasrohr von 3 cm Durchmesser und 60 cm Länge besteht. In dessen oberes Ende ist eine Kapillarröhre eingeschmolzen, deren unteres Ende in Quecksilber taucht, während sie oben durch ein zickzackförmiges federndes Stück in einer Kugel von 3 cm Durchmesser endet. In diese Kugel ist eine bis zur Mitte reichende Glasspitze eingeschmolzen, die in der verlängerten Achse der Luftkammer liegt. Die Kugel ist auf einem Schlitten verschiebbar und wird stark evakuiert. Dann wird der ganze Apparat in Eis gepackt und der Druck in der Luftkammer so reguliert, daß das Quecksilber bis zur Spitze reicht. Die Höhe der Quecksilbersäule, die sich bei Einstellung auf die Spitze bei zwei Stationen ergibt, ist dann umgekehrt proportional der Schwerkraft. Im Laboratorium war die Genauigkeit des Apparats 1:200 000, an Bord des Schiffes 1:50 000. *Schk.*

### Neu erschienene Bücher und Schriften.

Die Kultur der Gegenwart. III. Teil, 7. Abteilung, 1. Band: Naturphilosophie. Unter Redaktion von C. Stumpf bearbeitet von Erich Becher. 427 S. M 14,—, geb. M 16,—.

Das vorliegende Werk bietet mehr als eine Darstellung des gegenwärtigen Zustandes der Naturphilosophie; es ist zu den grundlegenden Werken dieses Gebietes zu zählen und wird namentlich dem Naturforscher ein besserer Wegweiser sein als manche anderen, meist zu individuell gefärbten Veröffentlichungen aus neuerer Zeit. Durch eine vor Jahren erschienene Schrift über „Philoso-

phische Voraussetzungen der exakten Naturwissenschaften“ hat der Verfasser bereits eine vortreffliche Vorarbeit zu dieser „Naturphilosophie“ geliefert. Die Einleitung des Werkes bietet nach einer auf wenige Seiten zusammengedrängten historischen Übersicht eine Bestimmung des Begriffes Natur und eine Darlegung des Verhältnisses von Naturwissen-

<sup>2)</sup> C. R. 158, 1465 (1914); Die Naturwissenschaften 2, 972 (1914).

<sup>3)</sup> Phys. Rev. 5, 184 (1915); Die Naturwissenschaften 3, 271 (1915).

schaft und Naturphilosophie. In dem ersten Hauptteil handelt es sich dann um die Grundlagen der Erkenntnislehre, und insbesondere der Naturerkenntnislehre, ihre Methode und ihre Voraussetzungen. Hier finden auch so wichtige Probleme, wie der Begriff der Wirklichkeit, Substanzbegriff und Kausalbegriff, Möglichkeit, Charakter und Grenzen der Außenweltserkenntnis, eine lichtvolle Erörterung. Gegenüber allzu skeptischen Auffassungen bekennt sich der Verfasser zu der Ansicht, daß wir nicht alles, was bezweifelt werden kann, aus den Voraussetzungen des Erkennens ausschließen können, wie Descartes es wollte. Zu Voraussetzungen dieser Art gehört namentlich auch die Regelmäßigkeitsvoraussetzung, die mit dem Vertrauen auf die Zuverlässigkeit der Erinnerung eng zusammenhängt, aber eben darum keine bloße Konvention ist, wie manche Modernen behaupten. Andererseits wird die Regelmäßigkeitsvoraussetzung von derjenigen der Gesetzmäßigkeit streng unterschieden, und die letztere als nicht notwendig für unsere Wirklichkeitserkenntnis bezeichnet. Das Kausalprinzip wird in einer dem naturwissenschaftlichen Gebrauch des Wortes angepaßten Formulierung gegeben, seine Zurückführung auf den bloßen Funktionsbegriff dagegen abgelehnt. Indem der Verfasser für die Berechtigung eintritt, von räumlichen Eigenschaften der von uns unabhängigen Außenwelt zu sprechen, stellt er sich in der Außenweltfrage auf den Standpunkt des kritischen Realismus, den auch E. v. Hartmann vor Jahrzehnten schon mit großer Entschiedenheit verfochten hat. In der Frage des Vitalismus urteilt er, daß das Prinzip der Einfachheit nicht unbedingte Geltung habe, daß vielmehr die Erfahrung den Ausschlag geben müsse.

Im zweiten Hauptteil des Werkes wird ein Gesamtbild der Natur entworfen, wobei auch die auf dem Boden naturwissenschaftlicher Einzelforschung erwachsenen Hypothesen in erheblichem Maße Verwertung finden; denn ohne hypothetische Elemente läßt sich kein Gesamtbild der Natur herstellen, es muß nur das Vermutete und Unsichere deutlich als solches gekennzeichnet werden. Der Inhalt dieses ganzen Abschnitts greift stark auf das eigentliche Gebiet der Naturforschung über, und liefert namentlich eine willkommene kritische Erörterung der fundamentalen Probleme der Physik, so der elektrischen Theorie der Materie, der Ätherlehre und der Relativitätslehre. Eine besondere

Bewertung wird der Hypothese der stoffartigen Felder zu teil, die einerseits an die Emissionstheorie, andererseits an die dynamische Theorie des Stoffes anknüpft. Auch der Unterschied zwischen kinetischer und mechanischer Naturauffassung tritt hier in neue Beleuchtung, wobei die letztere als eine spezielle und und zwar unzulängliche Form der ersteren erscheint. Den Abschluß des Gesamtbildes der Natur bildet eine ausführliche Betrachtung der lebenden Körper und des Lebensgeschehens, die in eine monistisch-idealistische Weltanschauung ausklingt — monistisch, weil sie nur einerlei Realität kennt, idealistisch, weil sie diese eine Realität als eine seelisch-geistige auffaßt. P.

**Die Physik im Kriege.** Eine allgemein verständliche Darstellung der Grundlagen moderner Kriegstechnik. Von FELIX AUERBACH. Mit 99 Abbildungen im Text, 188 S. Jena, Gustav Fischer, 1915, M 3,—, geb. M 3,60.

Das Buch ist aus einer volkstümlichen Vorlesung hervorgegangen, die der Verfasser im Laufe des letzten Winters an der Jenaer Universität gehalten hat. In diesen Tagen, wo der Krieg alle Gedanken in Anspruch nimmt, wird auch im Unterricht reichlicher als sonst auf die Beziehungen eingegangen, die zwischen der Wissenschaft und der modernen Kriegstechnik bestehen. Dem Lehrer, der diese Beziehungen in den Unterricht zu verweben sucht — und welcher Lehrer täte das heute nicht? — wird dieses Büchlein manche Anregung bringen, wenn schon nicht verschwiegen werden darf, daß es eben wegen seines populären Charakters doch zumeist nicht tief genug in den Gegenstand eindringt. Manches mag auch beim Vortrag zur Erläuterung der beigegebenen Figuren gesagt worden sein, was in der Fassung des Buches, weil zu umständlich, weggeblieben ist. Unter ihnen befindet sich vieles Interessante und sonst nur schwer Zugängliche. Besonders eingehend behandelt der Verfasser im ersten Teil des Buches die optische Seite des Themas, hier kommen u. a. Scheinwerfer, Scherenfernrohr, Periskop, Entfernungsmesser, Zielfernrohr, Tripelspiegel zur Erörterung. Dann folgen kürzere Mitteilungen über Zeichengebung, Telegraphie und Telephonie, danach die Verkehrseinrichtungen zu Wasser und in der Luft, wie Unterseeboote und Luftfahrzeuge, den Schluß bildet das umfangreiche Gebiet der Ballistik, endlich einiges über Schutzfärbung, Wärmeschutz und Wetterdienst. Das Büchlein mag allen

Fachgenossen als Ergänzung zu ihren kriegstechnischen Studien empfohlen sein. P.

**Astronomische Erdkunde.** Von Professor Otto Hartmann. 4. umgearb. Aufl. Mit 36 Textfiguren, 1 Sternkarte, 88 Übungsaufgaben. Stuttgart und Berlin, Fr. Grub, 1912. 78 S. Geb. M 1.20.

Obwohl verspätet sei doch noch auf diese neue Auflage des Büchleins, das sich augenscheinlich als praktisch bewährt hat, hingewiesen. Es entspricht den neueren Forderungen, die den Erscheinungen selbst das Hauptaugenmerk zuwenden und die Erklärung an die zweite Stelle setzen. Doch kommen auch letztere nicht zu kurz, so gibt der Verfasser für die Ableitung des Newtonschen aus den Keplerschen Gesetzen eine strengere, die Ellipsengestalt berücksichtigende Ableitung, die nicht auf dem Maxwell'schen Hodographen beruht, sondern nur die Polargleichung der Ellipse und die Differentiation des Cosinus voraussetzt. Das Buch bietet trotz geringen Umfangs eine lebensvolle Astronomie, die wohl geeignet sein wird, bei den Schülern Interesse und Freude zu erwecken. Empfehlenswert wäre, daß auch einige geozentrische Planetenbahnen abgebildet würden; die beigegebene Tafel mit Standörtern der Sonne und des Hauptplaneten ist zu überladen und wirkt daher verwirrend; hier könnten Koppes schöne Tafeln, die alljährlich in dieser Zeitschrift erscheinen, ein besseres Vorbild abgeben. P.

**Die Elektrizität und ihre Anwendungen.** Von Dr. L. Graetz, Prof. a. d. Universität München. 17. Auflage (77. bis 86. Tausend). 748 S. Mit 687 Abbildungen. Stuttgart, J. Engelhorn Nachf. 1914. M 9,—.

Das weitverbreitete Werk ist in dieser neuesten Auflage wiederum den Fortschritten der Wissenschaft und der Technik gefolgt. Manches Überlebte wurde ausgeschieden, dagegen Errungenschaften aus der jüngsten Zeit aufgenommen, so die Beugung der Röntgenstrahlen, die neuen Forschungen über Radioaktivität und Elektronen, die Hochspannungsgleichrichter, Halbwattlampen und vieles andere. Auch für die Hand reiferer Schüler ist das klar geschriebene Werk durchaus zu empfehlen. P.

**Leitfaden für den Unterricht in der Naturlehre.** Von Prof. Dr. Breitfeld an der Kgl. Bauwerkschule zu Münster i. W. 5. verm. und verb. Auflage mit 233 zum Teil neuen Ab-

bildungen. 142 S. Leipzig, H. A. Ludwig Degener. Kart. M 2,40.

Das Buch ist den praktischen Bedürfnissen der Baugewerkschulen angepaßt, man findet darin z. B. nichts über Zusammensetzung und Zerlegung der Kräfte, da diese in einem besonderen Unterrichtsfach, der Statik, eingehend behandelt werden. Die Darstellungsart ist schlicht und leicht verständlich, mathematische Formeln werden zumeist (so für die Schwingkraft) ohne Ableitung angegeben. Die Figuren, durchweg schematisch, sind in einem besonderen Heft vereinigt, das dem Buche als Anhang beigegeben ist. Doch ist im Text kein Bezug auf die Abbildungen genommen, vielmehr als Regel angesehen, daß der Lehrer sie an der Tafel entwirft und die Schüler sie nachzeichnen. Da die Anfangsseiten des Buches neu bearbeitet sind, hätte wohl auch mit dem überlebten Kapitel der allgemeinen Eigenschaften aufgeräumt werden können. P.

**Ernst Mach als Philosoph, Physiker und Psycholog.** Eine Monographie von Dr. Hans Henning. Leipzig, Joh. Ambr. Barth, 1915. 185 S. M 5,—, geb. M 6,—.

Es ist sehr hoch anzuerkennen, daß der Verf. in diesem Werke eine zusammenfassende Darstellung in kurzer Form (185 Seiten) der gesamten Lebensarbeit von Ernst Mach gibt. Jeder, der zunächst an einer anderen philosophischen Gedankenwelt sich entwickelt hat, und das werden heutzutage doch noch sehr viele sein, und der dann das erstmal den Arbeiten Machs begegnet, wird eine große Schwierigkeit empfinden, sich in diese Gedankenwelt hineinzuleben, und erst allmählich gelingt es, die ganze Bedeutung dieser Arbeiten herauszufühlen. Da kommt denn dies Werk von Henning einem großen Bedürfnis entgegen. In klarer und ansprechender Form führt es in Machs Gedankenwelt ein, und bringt besonders nachdrücklich zur Darstellung, was Machs Lehren nicht sind und nicht sein wollen: ein philosophisches System im Sinne der alten Systeme. Zweifellos wird dieses Werk zum Verständnis und zur Verbreitung der Machschen Ansichten wesentlich beitragen, und ist hierfür auch auf das dringendste zu empfehlen. Der Stoff ist in die Hauptteile gegliedert: Philosophischer Teil, Reform der Physik, Psychologischer Teil, Mach und die Biologie, Machs Methodenlehre. Auch daß der Philosophische Teil an den Anfang gestellt wurde, ist als sehr zweckmäßig zu begrüßen, denn dadurch wird man in richtiger Weise vor-

bereitet auf das, was man bei Mach zu erwarten hat. Gerade das Fehlen einer solchen Vorbereitung dürfte manchem das Eindringen in Machs Arbeiten, besonders wenn er, wie wohl oft, mit den Arbeiten „Erkenntnis und Irrtum“, „Analyse der Empfindungen“ anfang, sehr erschwert haben. Den genannten Abschnitten folgen noch zwei weitere: Machs Vorläufer und Machs Kritiker. Mit Recht darf wohl Faraday in gewissem Sinne unter den Vorläufern Machs auf seinem Gebiete genannt werden, aber dem Ref. will es doch zweifelhaft erscheinen, ob auch Maxwell, der Meister in der Anwendung mathematischer Hilfsmittel, mit Recht hierher gehört. Ebenso kann man gewiß in Goethes naturwissenschaftlicher Forschungsweise sehr viel mit Machschen Ideen Verwandtes vorfinden; auf der andern Seite findet sich doch in Goethes Gedankenwelt sehr vieles, dem Mach nicht gerecht zu werden vermag. Aber das Wesentliche der vorliegenden Darstellung liegt ja gerade darin, daß sie es dem Leser wesentlich erleichtert, sich mit Mach auseinanderzusetzen und für sich selbst die Frage zu beantworten, ob er in den Machschen Anschauungen volle Befriedigung finden kann, oder ob sie ihm nur einen Teil der dem menschlichen Geiste erfäßbaren Dinge in zweckmäßiger Form behandeln. Daher tut es dem Werke auch keinen Abbruch, wenn sich in dem letzten kurzen Abschnitt über Machs Kritiker eine einseitige und verzerrte Anführung kantischer Philosophie vorfindet, die in dieser Art kaum überboten werden kann.

*Classen.*

**Das Relativitätsprinzip.** Drei Vorlesungen, gehalten in Teylers Stiftung zu Harlem von Dr. H. A. Lorenz. Bearbeitet von Keesom. B. G. Teubner, 1914. 52 S. M 1,40.

Mit bekannter Meisterschaft gibt hier H. A. Lorenz auf 40 Seiten eine Übersicht über alle wesentlichen Fragen, die durch das Relativitätsprinzip angeregt werden. Im ersten Vortrage wird die Grundlegung des Prinzips behandelt und dasselbe formuliert und in Formeln gefaßt. Der zweite Vortrag bespricht dann einige Möglichkeiten, das Prinzip experimentell zu prüfen. Es kommen hier Abweichungen vom Newtonschen Gravitationsgesetz, die sich in einer Änderung des Perihels des Merkurs bemerkbar machen könnten, sowie der Gedanke, aus der Beobachtung der Verfinsterungen der Jupitermonde auf eine Geschwindigkeit des Sonnensystems durch den Äther zu schließen, zur

Sprache. Sodann wird der Übergang zu dem dritten Vortrage gegeben, in welchem nun die Beziehungen der Energie zur Masse und die Einbeziehung der Gravitation in das Relativitätsprinzip nach Einstein behandelt werden. So wird denn auch schließlich die Frage gestreift, ob der Energieinhalt eines Körpers, z. B. ein durchstrahlter Hohlraum, zu seinem Gewicht beiträgt. So kurz auch die Darstellung ist, aus diesen kurzen Andeutungen mag schon hervorgehen, wie ungeheuer reich an Inhalt sie ist; eine ganz ungeheure Gedankenfülle wird hier in übersichtlicher Form geboten. Die Anforderungen an mathematische Gewandtheit beim Studium sind dabei keineswegs besonders hohe, zumal in einem Nachtrage für eine Reihe der Probleme die eingehenderen mathematischen Beziehungen besonders entwickelt werden. Nicht die mathematische Form ist es, sondern vielmehr die Schwierigkeit und Neuheit des Gegenstandes selbst, die manchem Leser Mühe machen werden und erst bei mehrfachem gründlichen Studium zu überwinden sind.

*Classen.*

**Einführung in die Thermodynamik.** Von R. Blondlot, Professor an der Universität Nancy. Mit Zusätzen und Verbesserungen des Autors versehene autorisierte deutsche Ausgabe der zweiten französischen Auflage, besorgt von Carl Schorr und Friedrich Platschek. Dresden und Leipzig, Verlag von Theodor Steinkopff. VIII und 102 S. M 4,—.

Das Buch ist eine kurze, sehr klare Einführung in die beiden Hauptsätze, mit einigen Beispielen aus der Experimentalphysik und Maschinenkunde. Dem Referenten ist kein ähnlich kurzer deutscher Abriß des so wichtigen, aber zum Teil schwierigen Gebietes (zweiter Hauptsatz!) bekannt. Wer sich also aus irgendeinem Grunde vor den umfassenderen Werken von Planck, Mach und anderen scheut, wird hier das Nötigste finden.

Die neueren deutschen Arbeiten sind bei den Zahlenbeispielen nicht genügend berücksichtigt. Der Referent vermißt ferner eine Zusammenfassung beider Hauptsätze, wie sie das leicht faßliche Prinzip des kleinsten Zwanges darstellt, pädagogisch weitaus die bequemste und umfassendste Folgerung. Ferner wären die Zahlenbeispiele zu vermehren; so ist eine zahlenmäßige Anwendung des Satzes der konstanten Wärmesummen mindestens erwünscht. Bei der Berechnung des Zahlenwertes für das mechanische Wärme-



äquivalent sind die nach deutschem Urteil exaktesten Arbeiten (Rowland, Callendar und Barnes) nicht erwähnt. J. R. Mayers Verdienst wird in irreführender Weise eingeschränkt. Der Übersetzung haften recht viele Schlacken an. Unbedingt hätten die Formelzeichen, soweit sie nicht international festgesetzt sind, dem deutschen Gebrauch angepaßt werden müssen. Für Arbeit wird  $\mathcal{E}$  gesetzt statt  $A$ , wobei die Trennung und alphabetische Verschiedenheit der Buchstaben direkt irreführend wirkt, da  $r$  wie eine Zahlenkonstante aussieht; sie ist nur als Abkürzung von Travail zu erklären, also für uns gänzlich artfremd, ebenso  $E$  für das mechanische Wärmeäquivalent (équivalent!). Daß bei einer einfachen schematischen Figur der französische Stock mit der fremdländischen Beschriftung verwendet wird, ist ebenfalls zu rügen. Solche Beispiele ließen sich vermehren (Benzin statt Benzol u. a. m.)

*W. Roth-Greifswald.*

Die Lichtbrechung in Gasen als physikalisches und chemisches Problem. Von Dr. Stanislaw Loria, Privatdozent der Physik an der Jagellonischen Universität in Krakau. Mit 3 Textabbildungen und 1 Tafel. Sammlung Vieweg (Tagesfragen aus den Gebieten der Naturwissenschaften und der Technik), Heft 4. Vieweg & Sohn, Braunschweig. VI und 92 S. Geheftet M 3,—.

Der Verfasser behandelt ein Kapitel der Experimentalphysik, das zu den experimentell allerschwierigsten gehört und trotz aller aufgewendeten Mühe noch viele Rätsel und Unsicherheiten birgt. Die Schlüsse, die die Elektronentheorie über den Bau von Atom und Molekül erlaubt, sind schlecht fundiert, solange nicht bessere Experimentaldaten über Refraktion und Dispersion vorliegen. Das gilt namentlich für die Kohlenstoffverbindungen, deren Spektrochemie, soweit sie sich auf den flüssigen Zustand bezieht, so gründlich durchgearbeitet und mit soviel Erfolg benutzt ist. Bei den betreffenden Gasen schwanken die von verschiedenen Forschern bestimmten Refraktionswerte ( $\nu - 1$ ) oft um 5–10 %! Die Daten erlauben nur den — für Chemiker nicht überraschenden — Schluß, daß wie bei den Flüssigkeiten keine Additivität vorliegt, und daß das C-Atom im Methan mit denen im Äthylen, Acetylen oder Dicyan nicht direkt vergleichbar ist. Alle positiven, zahlenmäßigen Aussagen sind noch verfrüht.

In der Beschreibung der Bestimmungsmethoden (Abschnitt II) vermißt der Ref. das

nach Ideen von Lord Rayleigh und von F. Haber von Löwe-Jena konstruierte, elegante Interferometer. Der Abriß der elektromagnetischen Dispersionstheorie (Abschnitt I) ist recht knapp, so daß er nur eine Repetition für Wissende, keine Einführung für Neulinge darstellt. Die systematische Zusammenstellung der Experimentaldaten und deren kritische Wertung, sowie die Aufzeichnung der hauptsächlichsten Fragen und die Hinweise auf ihre experimentelle Lösung sind das Wichtigste und Wertvollste an dem Büchlein.

*W. Roth-Greifswald.*

Neuere Anschauungen auf dem Gebiete der anorganischen Chemie. Von Prof. Dr. A. Werner in Zürich. Dritte durchgesehene und vermehrte Auflage. Die Wissenschaft, Sammlung von Einzeldarstellungen aus den Gebieten der Naturwissenschaft und Technik, Band 8. XX u. 419 S. Braunschweig, Fr. Vieweg und Sohn, 1913. Geheftet M 11,—, geb. M 12,—.

Wer nicht Spezialist für anorganische Komplexverbindungen war, wußte bis vor wenigen Jahren wohl nur von der Existenz einiger Ammoniakderivate des Platins und Quecksilbers und von Kobaltamminsalzen, so zahlreich und mannigfaltig, daß die lateinischen und griechischen Farbenbezeichnungen knapp zu ihrer Unterscheidung ausreichten. Hauptsächlich Werners Forschungen haben nicht nur eine ungeahnte Zahl neuer Körper kennen gelernt, sondern vor allem aus dem Chaos einen Kosmos gemacht. Er hat die Methoden der organischen Chemie und das Werkzeug benutzt, das die elektrolytische Dissoziationstheorie lieferte, um in die Geheimnisse der Konstitution jener Verbindungen einzudringen.

Sprach man früher einfach von Komplex- oder Molekularverbindungen, so nennt man sie jetzt „Verbindungen höherer Ordnung“ und unterscheidet prinzipiell zwischen Anlagerungs- und Einlagerungsverbindungen. Spannte man früher den Begriff Valenz auf ein Prokrustesbett, so ordnet man das unendliche Material jetzt ungezwungener mit Hilfe des Begriffs „Koordinationszahl.“ — Die überraschendste Bestätigung fanden Werners Anschauungen, als es gelang, die Existenz der lang vorhergesagten optisch-aktiven Spiegelbildisomeren auch bei anorganischen Körpern nachzuweisen, die Racemverbindungen zu spalten und etwa 25 optisch-aktive Verbindungen des Co, Cr, Fe und Rh darzustellen, deren Molekulardrehung oft ungeheuer groß ist, bis zu mehreren Tausend Graden.

Werner verarbeitet eine ungeheure Fülle von Material. Eingangs wird kurz der Begriff „Element“ mit interessanten Streiflichtern auf das periodische System abgehandelt. Die neueste Phase der Entwicklung, der Begriff der Isotopie, die Entdeckung verschiedener Arten Blei mit gleichen Eigenschaften, aber verschiedenem Atomgewicht, wird nur kurz in einer Anmerkung gestreift. Ganz sicher gestellt sind diese, unseren bisherigen Anschauungen absolut zuwiderlaufende Tatsachen wohl erst nach dem Erscheinen des Buches.

Jedes Wort der Empfehlung erübrigt sich bei dem Werk. *W. Roth, Greifswald.*

**Lehrbuch der Physikalischen Chemie.** Von Dr. Karl Jellinek, Privatd. a. d. Techn. Hochsch. in Danzig. I. Band: Die Lehre von den Aggregatzuständen (1. Teil). Mit 81 Tabellen, 253 Abb. u. 4 Bildnissen. Stuttgart, F. Enke, 1914. XXXVI u. 732 S. M 24,—.

Wir haben es in diesem Buche mit dem ersten Teile eines groß angelegten Werkes zu tun, dessen Umfang sich aus der folgenden Disposition erkennen läßt: Das „1. Buch: Die Lehre von den Aggregatzuständen (reine Stoffe und verdünnte Lösungen der Nichtelektrolyte)“ wird durch Band II vervollständigt werden, dann bringt das „2. Buch (Bd. III): Die Lehre vom Aufbau der Materie (Weltäther, Elektronen, Ionen, Atome und Moleküle)“, das „3. Buch (Bd. IV): Die Lehre von den Umwandlungen der Materie (chemische Statik und Kinetik)“, das „4. Buch (Bd. IV): Die Lehre von den Umwandlungen der Energie (Mechanochemie, Thermochemie, Magnetochemie, Elektrochemie, Photochemie)“. Im Vergleich zu den vorhandenen Lehrbüchern der Allgemeinen bzw. Theoretischen Chemie von Ostwald, Nernst, van 't Hoff, die mehr die chemische Seite des Gebietes betonen, will der Verfasser in seiner Neubearbeitung des ganzen Stoffes die physikalischen Prinzipien voranstellen und so die beiden Schwesterwissenschaften Chemie und Physik noch enger verknüpfen. Die Richtung, in der sich sonst das Buch bewegt, wird vielleicht am besten daraus zu erkennen sein, daß sich der Verfasser bemühte, das Werk einerseits im Sinne der Forschungen seines Lehrers W. Nernst, andererseits im Sinne des „pädagogisch vorbildlichen Lehrbuchs der Physik“ von O. Chwolson — dem das Buch gewidmet ist — sowie der „didaktisch ausgezeichneten Arbeiten“ von A. Höfler und endlich der Bestrebungen der deutschen

Unterrichtskommission zu gestalten. In der Tat ist, vom Standpunkt des chemischen Unterrichts aus geurteilt, das Buch außerordentlich geeignet, zu tieferem Studium der physikalischen Seite der chemischen Erscheinungen anzuregen. Eine Art Voreinleitung enthält unter dem Titel „Bibliographisches, Literatur, Formelzeichen“ einen ausgezeichneten Überblick über die wichtigste physikalisch-chemische Bücher- und Zeitschriftenliteratur (S. XVII bis XXXVI), ein Abschnitt, der von Dr. ing. M. Neufeld mitbearbeitet wurde. Die interessant geschriebene „Einführung“ behandelt „das Werk und das Werkzeug des exakten Naturforschers“ sowie „die Beziehungen zwischen Physik, Chemie und physikalischer Chemie“ (S. 1...12). Wir wollen mit dem Verfasser nicht darüber rechten, ob bei der Einteilung der gesamten Wissenschaften in Geisteswissenschaften und Naturwissenschaften die ersteren sich nur „mit sinnlich nicht wahrnehmbaren Dingen beschäftigen“. Hier ließe sich in einer Neuauflage leicht ein engerer Anschluß an bessere Einteilungsprinzipien — wie sie insbesondere in dem Aufsatz „Naturwissenschaft“ von J. Petzoldt im neuen Handwörterbuch der Naturwissenschaften (Jena, G. Fischer) dargelegt sind — gewinnen. Im übrigen schließt sich der Verfasser in dieser Einführung hinsichtlich der Definitionen an A. Höfler an. Von der außerordentlichen Reichhaltigkeit des in diesem Bande Gebotenen auch nur annähernd einen Begriff zu geben, ist hier nicht möglich. Durchsichtige Gliederung, klare und einfache Diktion unter häufiger Verwendung der Differential- und Integralrechnung und an der Hand außerordentlich zahlreicher instruktiver Abbildungen, Verarbeitung der neuesten Forschungsergebnisse unter gleichzeitiger Berücksichtigung der historischen Entwicklung, genaue Angaben auf Grund des Landolt-Börnstein-Rothschen Tabellenwerkes, ausgiebige Benutzung graphischer Darstellungen sind einige Kennzeichen des Buches. Bei dem kurzen historischen Überblick S. 11 konnte bei Erwähnung der Begründung der Stöchiometrie (mit den Namen Dalton, Gay-Lussac usw.) in erster Linie, noch vor Dalton, J. B. Richter, der eigentliche Begründer der Stöchiometrie, genannt werden; ebendasselbe konnte zu Lavoisiers Namen der Name Ritters, als eines bedeutsamen Vorläufers der physikalischen Chemie, treten. Daß das Buch in bezug auf den Begriff des Verbindungsgewichtes (S. 22 „Das Gesetz der Verbindungsgewichte“) mit

den in dieser Zeitschrift (27, S. 330) enthaltenen Darlegungen des Ref. übereinstimmt, sei beiläufig als ein für die Mittelschulmethodik erfreuliches Zeichen erwähnt. Die vier vorzüglichen Bildnisse von Helmholtz, Lord Kelvin, Clausius und Boltzmann bilden eine Zierde des Bandes. Das Buch ist ein vorzügliches Hilfsmittel zum Hineinarbeiten in die modernen Theorien und Probleme der Chemie und sei daher allgemeiner Beachtung empfohlen.

*O. Ohmann.*

**Das Leuchtgas, seine Herstellung und Verwendung.**

Von Dr. C. Forch, Regierungsrat. Sammlung Kösel, Bändchen 76. Mit 43 Abb. Kempten u. München, Jos. Kösel, 1914. 164 S. M 1,—.

Das klar und anregend geschriebene Buch vermittelt an der Hand instruktiver Abbildungen einen guten Einblick in den

Betrieb einer Gasanstalt und in die vielseitige Verwertung des Leuchtgases. Vom Standpunkt des chemischen Unterrichts aus verdient das Buch noch besonderes Interesse. Von den mit den Primanern vorzunehmenden technologischen Exkursionen ist die nach einer Leuchtgasfabrik eine der allerwichtigsten. Für diesen Zweck kann das vorliegende Buch in ausgezeichneter Weise zur näheren Information dienen und wird besonders allen jüngeren Lehrkräften ein willkommener Führer sein. Aber auch in physikalischer Hinsicht enthält das Buch manche interessante Ausführungen, z. B. über Lichtstärkemessungen. Kurz, es wird keiner das treffliche Buch, dessen ausnehmend billiger Preis besondere Erwähnung verdient, ohne Befriedigung zur Hand nehmen.

*O. Ohmann.*

### Korrespondenz.

Preis Ausschreiben. Der Vorstand des Vereins zur Förderung des mathematischen und naturwissenschaftlichen Unterrichts hat unter Zustimmung des Ausschusses einen Preis von 500 M (Fünfhundert Mark) für die Bearbeitung des folgenden Themas ausgesetzt: „Welche Forderungen sind nach dem Kriege an die Erziehung der deutschen Jugend zu stellen, und was kann der mathematische und naturwissenschaftliche Unterricht zur Verwirklichung dieser Forderungen beitragen?“

Es wird erwartet, daß nicht nur allgemeine Erörterungen, sondern auch eingehende praktische Vorschläge, möglichst auf Grund eigener Erfahrungen, dargeboten werden. Bei der Bearbeitung kann je nach dem Unterrichtsgebiet des Verfassers mehr Gewicht auf die mathematische oder die naturwissenschaftliche Seite gelegt werden. Der Umfang ist auf etwa 4–6 Druckbogen zu bemessen. Die Bewerbungsarbeiten müssen in gut lesbarer Schrift, möglichst in Maschinenschrift, geschrieben sein und sind bis zum 31. Dezember 1915 an den Vorsitzenden des Vereins (z. Z. Prof. Dr. Poske, Berlin-Lichterfelde W., Friedbergstr. 5) einzusenden und mit einem Kennwort zu versehen. Name und Wohnung des Verfassers sind in einem verschlossenen, mit dem gleichen Kennwort versehenen Umschlag beizufügen. Der Preis kann erforderlichenfalls

auch geteilt werden. Das Veröffentlichungsrecht geht mit der Zuweisung des Preises an den Verein über. Eine Hinausschiebung des Ablieferungstermins bleibt, sofern die Zeitverhältnisse dies wünschenswert erscheinen lassen, vorbehalten.

Ehrung Grimsehl's. Auf der 7. Versammlung der amerikanischen Eastern Association of Physic Teachers zu Medford, Mass., am 20. März 1915 hielt Mr. N. HENRY BLACK eine Ansprache zum Gedächtnis von E. Grimsehl, in der er eine Übersetzung des im Januarheft dieser Zeitschrift erschienenen Nachrufs vortrug, um daran einige Mitteilungen über die starken Eindrücke zu knüpfen, die er selbst bei einem achttägigen Besuch Grimsehl's in der Oberrealschule auf der Uhlenhorst gehabt hat. Die Versammlung beschloß 1. daß sie Professor Grimsehl als einen hochbegabten Erfinder physikalischer Apparate, einen begeisternden und sympathischen Lehrer, einen hervorragend tüchtigen Direktor, einen unermüdlichen lichtvollen Schriftsteller aufs höchste schätze, 2. daß sie seiner Familie ihr wärmstes Beileid ausspreche, und 3. daß diese Beschlüsse sowohl den Angehörigen Grimsehl's mitgeteilt, als auch der Zeitschrift School Science and Mathematics und der Zeitschrift für den physikalischen und chemischen Unterricht bekannt gegeben werden sollen.

### Himmelserscheinungen im August und September 1915.

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

	August						September						
	5	10	15	20	25	30	4	9	14	19	24	29	
♄ {	AR	8 <sup>h</sup> 19 <sup>m</sup>	9. 2	9.43	10.20	10.55	11.26	11.55	12.22	12.48	13.11	13.33	13.52
	D	+ 21 <sup>o</sup>	+ 19	+ 16	+ 12	+ 8	+ 5	+ 1	- 3	- 6	- 9	- 12	- 15
♀ {	AR	8 <sup>h</sup> 16 <sup>m</sup>	8.41	9. 7	9.31	9.56	10.20	10.43	11. 6	11.29	11.52	12.15	12.38
	D	+ 21 <sup>o</sup>	+ 19	+ 18	+ 16	+ 14	+ 12	+ 10	+ 7	+ 5	+ 2	0	- 3
☉ {	AR	8 <sup>h</sup> 58 <sup>m</sup>	9.17	9.36	9.54	10.13	10.31	10.49	11. 7	11.25	11.43	12. 1	12.19
	D	+ 17.2 <sup>o</sup>	+ 15.8	+ 14.3	+ 12.7	+ 11.1	+ 9.3	+ 7.5	+ 5.6	+ 3.7	+ 1.8	- 0.1	- 2.1
♂ {	AR	5 <sup>h</sup> 20 <sup>m</sup>	5.35	5.49	6. 3	6.17	6.31	6.45	6.58	7.12	7.25	7.37	7.50
	D	+ 23 <sup>o</sup>	+ 23	+ 24	+ 24	+ 24	+ 24	+ 23	+ 23	+ 23	+ 23	+ 22	+ 22
♃ {	AR	23 <sup>h</sup> 55 <sup>m</sup>		23.53		23.50		23.45		23.40		23.35	
	D	- 2 <sup>o</sup>		- 2		- 3		- 3		- 4		- 4	
♄ {	AR	6 <sup>h</sup> 46 <sup>m</sup>						7. 0					
	D	+ 22 <sup>o</sup>						+ 22					
☉ Aufg.		4 <sup>h</sup> 26 <sup>m</sup>	4.34	4.42	4. 50	4.59	5. 7	5.15	5.24	5.32	5.40	5.49	5.57
	Unterg.	19 <sup>h</sup> 45 <sup>m</sup>	19.36	19.26	19.15	19. 5	18.53	18.42	18.30	18.19	18. 7	17.55	17.43
☾ Aufg.		23 <sup>h</sup> 17 <sup>m</sup>	3.40	10.21	17. 6	19. 8	20. 8	—	5.18	12.30	16.45	17.50	19.52
	Unterg.	16 <sup>h</sup> 31 <sup>m</sup>	19.25	20.28	23.39	5.26	11.55	16.43	18.11	19.43	0.13	7. 2	13. 5
Sternzeit im mittl. Mittg.		8 <sup>h</sup> 51 <sup>m</sup> 41 <sup>s</sup>	9.11.23	9.31. 6	9.50.49	10.10.32	10.30.14	10.49.57	11. 9.40	11.29.23	11.49. 6	12. 8.48	12.28.31
	Zeitgl.	+ 5 <sup>m</sup> 56 <sup>s</sup>	+ 5.22	+ 4.33	+ 3.31	+ 2.16	+ 0.50	- 0.43	- 2.23	- 4. 7	- 5.53	- 7.39	- 9.22

Mittlere Zeit = wahre Zeit + Zeitgleichung.

#### Herbstaequinoctium am 24. September 4<sup>h</sup> 24<sup>m</sup> M.E.Z.

Mondphasen in M.E.Z.	Neumond	Erstes Viertel	Vollmond	Letztes Viertel
	Aug. 10, 23 <sup>h</sup> 52 <sup>m</sup> Sept. 9, 11 <sup>h</sup> 53 <sup>m</sup>	Aug. 18, 3 <sup>h</sup> 17 <sup>m</sup> Sept. 16, 8 <sup>h</sup> 21 <sup>m</sup>	Aug. 24, 22 <sup>h</sup> 40 <sup>m</sup> Sept. 23, 10 <sup>h</sup> 35 <sup>m</sup>	Aug. 2, 22 <sup>h</sup> 27 <sup>m</sup> Sept. 1, 15 <sup>h</sup> 57 <sup>m</sup>

Planetensichtbarkeit	Merkur	Venus	Mars	Jupiter	Saturn
im August	unsichtbar	anfangs noch 1/2 Stunde als Morgenstern sichtbar, zuletzt unsichtbar	morgens 2 1/2 bis 4 1/2 Stunden lang sichtbar	die ganze Nacht hindurch sichtbar	morgens 1 bis 3 3/4 Stunden lang sichtbar
im September	unsichtbar	unsichtbar; obere Kon- junktion am 12.	die Sichtbar- keitsdauer wächst bis auf 5 3/4 Stunden	die ganze Nacht hindurch sicht- bar. Opposition am 17.	die Sichtbar- keitsdauer wächst bis auf 6 1/2 Stunden

In der Nacht vom 10. zum 11. August findet eine in Deutschland **unsichtbare Sonnenfinsternis** statt, die als ringförmige Finsternis auf dem großen Ozean zwischen den Mariannen- und Paumotu-Inseln sichtbar sein wird.

#### Verfinsterungen der Jupitertrabanten:

August 1, 23 <sup>h</sup> 3,3 <sup>m</sup>	Eintritt des II. Trabanten	Septbr. 2, 22 <sup>h</sup> 39,7 <sup>m</sup>	Eintritt des II. Trabanten
- 1, 23 <sup>h</sup> 13,8 <sup>m</sup>	- III.	- 13, 23 <sup>h</sup> 22,3 <sup>m</sup>	- III.
- 9, 22 <sup>h</sup> 18,5 <sup>m</sup>	- I.	- 17, 22 <sup>h</sup> 5,7 <sup>m</sup>	Austritt - I.
- 25, 20 <sup>h</sup> 36,5 <sup>m</sup>	- I.	- 20, 19 <sup>h</sup> 55,0 <sup>m</sup>	- II.
Septbr. 1, 22 <sup>h</sup> 31,4 <sup>m</sup>	- I.	- 27, 22 <sup>h</sup> 30,7 <sup>m</sup>	- II.

F. Koerber.

Nachdruck nur mit Quellenangabe und mit Genehmigung der Verlagshandlung gestattet.