

Zeitschrift für den Physikalischen und Chemischen Unterricht.

XX. Jahrgang.

Viertes Heft.

Juli 1907.

Optische Demonstrationsversuche.

Von
E. Grimsehl in Hamburg.

Vorbemerkung. Der vorliegende Aufsatz bildet eine Fortsetzung des in ds. Ztschr. XIX, S. 137—141 abgedruckten Aufsatzes über „Die Verwendung von kurzbrennweitigen Beleuchtungssystemen bei Projektionsapparaten für optische Versuche“, denn als Lichtquelle ist bei den folgenden Versuchen stets die a. a. O. beschriebene Lilliput-Bogenlampe benutzt, deren Lichtstärke in allen Fällen vollkommen ausreicht.

1. Objektive Darstellung des Spektrums und Umkehrung der Spektrallinien (Fig. 1).

Für die Ausführung von Spektralversuchen ist es praktisch, den Spalt nicht wie es gewöhnlich geschieht, mit der Lichtquelle fest zu verbinden, sondern diese beiden Teile vollständig voneinander zu trennen, dagegen den Spalt mit der den Spalt abbildenden Konvexlinse zu einem einheitlichen Apparate zu verbinden. Deshalb verwende ich als Hilfsapparat ein Messingrohr *C* von 30 mm äußerem Durchmesser und 20 cm Länge, das auf einer in der Mitte angebrachten Stativstange in einem

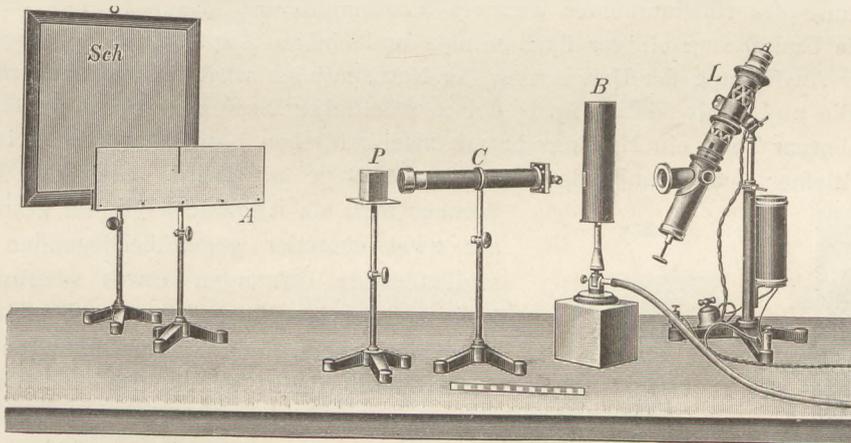


Fig. 1.

Dreifußstative horizontal aufgestellt wird. In das eine Ende des Rohres ist ein durch eine Mikrometerschraube verstellbarer Spalt drehbar eingesetzt; in das andere Ende ist ein Kollimatorrohr verschiebbar eingesetzt, in dessen herausragendes Ende als Kollimatorlinse ein Brillenglas von 38 mm Durchmesser mittels Sprengringes befestigt wird. Auf die Verwendung dieser Brillengläser habe ich schon mehrfach hingewiesen. Das mit dem Kollimatorrohr versehene Spaltrohr wird so vor der Projektionslampe *L* aufgestellt, das das wagerecht aus der Lampe austretende Licht den Spalt voll beleuchtet, die Achse des Rohres durchläuft und auch die Kollimatorlinse voll beleuchtet. Dann wird das Kollimatorrohr so eingestellt, daß auf einem in passender Entfernung

aufgestellten weißen Schirme *Sch* ein scharfes Bild des Spaltes entsteht. Unmittelbar vor der Kollimatorlinse kommt auf einem kleinen Tischstativ ein gewöhnliches Flintglasprisma *P* zur Aufstellung. Das Prisma wird so gedreht, daß bei der ungefähren Aufstellung auf das Minimum der Ablenkung auf einem weißen Schirm in einer beliebigen, dem Raume angemessenen Entfernung ein Spektrum erzeugt wird. Dann dreht man das Prisma so, daß das von der einen Prismenfläche reflektierte Lichtstrahlenbündel auf den Schirm fällt, und stellt das Kollimatorrohr so ein, daß auch in der jetzigen Stellung des Schirmes ein scharfes Spaltbild entsteht. Dann dreht man das Prisma in die Anfangslage wieder zurück und erhält so ein außerordentlich lichtstarkes, gleichmäßig beleuchtetes Spektrum von beliebiger Ausdehnung.

Die feste Verbindung des Spaltes mit dem Kollimatorrohr gewährt mancherlei Vorteile, besonders deshalb, weil man in den Strahlengang zwischen Spalt und Lichtquelle irgendwelche absorbierenden Medien einschalten kann. In hervorragendem Maße zeigt sich dieser Vorteil bei dem Versuche zur objektiven Umkehrung der Spektrallinien. Wenn man nämlich die Umkehrung der Spektrallinien hervorruhenden glühenden Gase, also z. B. die Natriumflamme, zwischen Spalt und Kollimatorlinse einschaltet, so gelangt ein großer Teil des von den glühenden Gasen ausgesandten Lichtes durch die Kollimatorlinse und das Prisma auf den Schirm und überdeckt durch seinen eigenen Glanz die Helligkeit und Schönheit des reinen Spektrums. Wenn man dagegen die absorbierenden glühenden Gase vor dem Spalte, also zwischen Lichtquelle und Spalt anordnet, so geht nur dasjenige Licht durch den Spalt, die Kollimatorlinse und das Prisma, das für die Umkehrung der Spektrallinien erforderlich ist, während alles seitliche Licht abgeblendet bleibt. Die Umkehrung der Spektrallinien gestaltet sich so zu einem sicher und leicht ausführbaren Versuch bei Verwendung des Natriumlichtes und des Strontiumlichtes. Auch ist mir auf diese Weise die Umkehrung einiger Bariumlinien und einiger Kupferlinien gelungen.

Zur Ausführung der Umkehrung der Natriumlinien wird in den Raum zwischen Lichtquelle und Spalt (siehe Fig. 1) ein gewöhnlicher Bunsenbrenner *B* gestellt, auf dessen oberem Teile ein Messingrohr mit zwei seitlichen Lappen aufgesetzt ist, über das ein kleines, aus Eisenblech gebogenes Gefäß gehängt wird. Über den Bunsen-

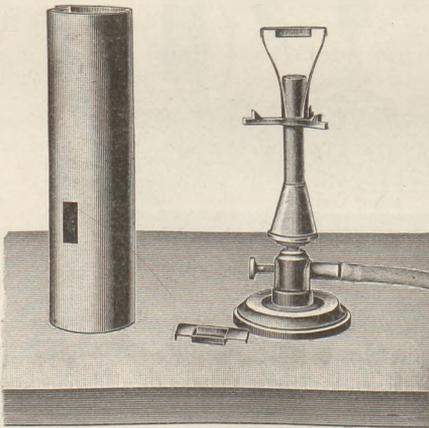


Fig. 2.

brenner wird ein Eisenblechzylinder gesetzt, der auf zwei einander gegenüberliegenden Seiten schlitzförmige Öffnungen etwas oberhalb des kleinen, über der Bunsenflamme stehenden Eisenblechgefäßes hat. Von diesen Öffnungen ist die der Projektionslampe zugekehrte etwa 10 mm, die gegenüberliegende etwa 3 mm breit. Fig. 2 zeigt den Brenner mit dem Eisenblechgefäß und dem abgenommenen Blechzylinder besonders abgebildet. Man stellt den Bunsenbrenner so auf, daß das Licht der Projektionslampe ungehindert durch die schlitzförmigen Öffnungen des Eisenblechzylinders hindurchgeht, entzündet die Flamme des Brenners und legt mit einer kleinen Pinzette ein ungefähr

erbsengroßes Stück metallisches Natrium in das kleine Eisenblechgefäß. Die Flamme des Bunsenbrenners braucht nur klein zu brennen. Man erkennt bald, wie in dem hellglänzenden Spektrum die Natriumlinie als dunkler Streifen auftritt. Wenn man die Bunsenflamme voll brennen läßt, so verbreitert sich die dunkle Linie ganz

bedeutend. Sie erscheint als dicke schwarze Linie. Bei klein gestellter Flamme hält sich das umgekehrte Spektrum der Natriumlinie 10 bis 15 Minuten lang unverändert. Bei großer Flamme wird es stärker, verschwindet aber natürlich rascher. Man kann dann ohne Veränderung der Anordnung wieder ein neues Stück Natrium in das Eisenblechgefäß legen, um die Dauer des Versuches zu verlängern. Schiebt man nun in den Strahlengang zwischen Projektionslampe und Bunsenbrenner von oben oder von unten her ein Stück Papier, ein Brett oder ein Stück Blech ein, so daß nur die Hälfte des Spaltes von der elektrischen Bogenlampe beleuchtet wird, so entsteht gleichzeitig auf dem weißen Schirm die dunkle Natriumlinie im hellen Spektrum und unmittelbar darunter oder darüber die helle Natriumlinie allein.

Von beherrschendem Interesse ist noch der Nachweis, daß die dunkle Natriumlinie nicht absolut schwarz ist, sondern noch die eigene gelbe Farbe des Natriumlichtes zeigt. Zu dem Zwecke wird in den Strahlengang etwa 30 cm vor dem Spektrum ein weißer Kartonschirm *A* eingeschaltet von der Länge des ganzen Spektrums und von einer solchen Höhe, daß er etwa zwei Drittel des Spektrums bedeckt. An der Stelle, wo die dunkle Natriumlinie entsteht, erhält der Schirm einen etwa 3 mm breiten, bis zur Mitte des Schirmes reichenden, vertikalen, spaltförmigen Ausschnitt. Man beobachtet nun auf dem eingeschalteten Kartonschirm im unteren Teile das Spektrum mit der umgekehrten Natriumlinie, während durch den oberen Teil nur das der Natriumlinie zukommende Licht durch den Spalt hindurchgeht. Auf dem dahinter stehenden Projektionsschirm *Sch* sieht man ebenfalls oben das Spektrum mit der dunklen Natriumlinie und darunter die Natriumlinie, die durch den vorgesetzten Schirm aus dem Spektrum ausgesondert ist, allein, aber nicht als schwarze, sondern als gelbe Linie, deren Helligkeit sich nicht wesentlich ändert, wenn man die elektrische Bogenlampe ausschaltet oder verdeckt. In Fig. 1 ist die gesamte für diese Demonstration erforderliche Anordnung abgebildet; nur ist der Projektionsschirm in einer Entfernung von 2—3 m aufzustellen und nicht, wie in der Figur dargestellt, in unmittelbarer Nähe des Prismas, da sonst das Spektrum nicht lang genug wird.

Um die Strontiumlinie umzukehren, stelle ich zwischen Projektionslampe *L* und Spaltrohr *C* das in Fig. 3 abgebildete, oben geschlitzte Blechrohr *B* wagerecht auf. In das Blechrohr kommt ein an den seitlichen Rändern aufgebogenes Stück Eisenblech von 30 mm Breite und 15 cm Länge, das mit rotem bengalischen Schellackfeuer angefüllt ist. (Dieses Blech ist vor dem mittleren Stativ liegend

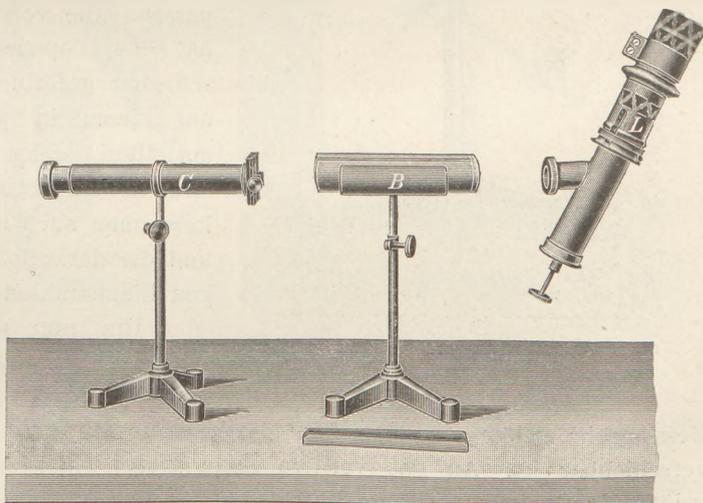


Fig. 3.

gesondert abgebildet.) Das Rohr wird so aufgestellt, daß das Licht der Bogenlampe die ganze Rohrlänge ungehindert passiert. In dem Augenblicke, wo man das bengalische Feuer mit einem Streichholz, einem glühenden Draht oder einer brennenden Zigarre entzündet, entstehen auf dem Spektrum die dunklen Spektrallinien des Strontiums in dem

roten und dem orangefarbenen Teile des Spektrums, dem sich gewöhnlich noch die umgekehrte Natriumlinie zugesellt. Auch hier kann man durch Abblenden eines Teiles des von der elektrischen Bogenlampe ausgehenden Lichtes gleichzeitig das direkte und das umgekehrte Spektrum des Strontiums übereinander erzeugen. In derselben Weise gelingt die Umkehrung eines Teiles der Barium- oder der Kupferlinien. Andere Stoffe haben sich bisher nicht als geeignet erwiesen. Für die Bariumlinien wird das grüne Schellackfeuer, für die Kupferlinien blaues bengalisches Feuer benutzt.

2. Die Vereinigung der Spektralfarben zu Weiß.

Die Anordnung zur Erzeugung des Spektrums ist dieselbe wie vorhin, doch mit dem Unterschiede, daß statt des Flintglasprismas ein Prisma aus gewöhnlichem Spiegelglase verwandt und daß als Kollimatorlinse eine Linse von kürzerer Brennweite benutzt wird. Das durch diese Anordnung erzeugte Spektrum darf nach scharfer Einstellung des Spaltes eine Länge von nur 35 mm haben. An Stelle des weißen

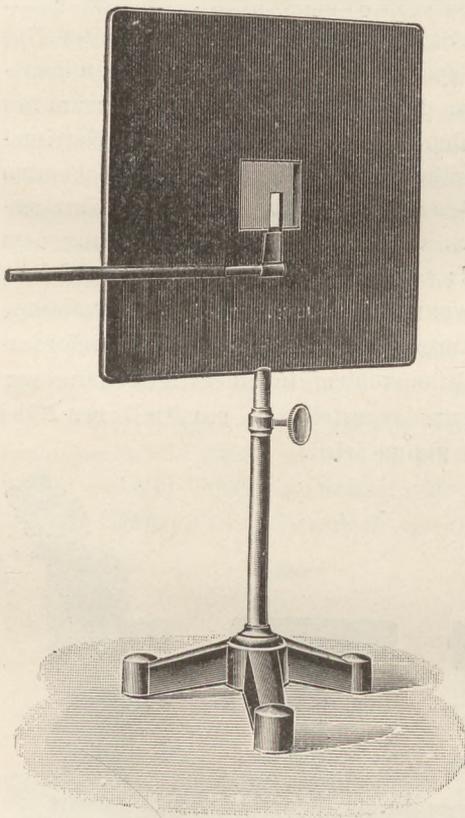


Fig. 4.

Schirmes, auf dem dieses Spektrum scharf erzeugt wird, kommt ein schwarzer Blechschirm (Fig. 4) mit quadratischer Öffnung von 35 mm Seitenlänge. Unmittelbar hinter der Öffnung ist mittelst aufgelöteter Blechstreifen eine Nutenföhrung für eine Zylinderlinse angebracht. Als Zylinderlinsen verwende ich planzylindrische Brillengläser, die zu einem niedrigen Preise von jedem Optiker zu beziehen sind. Sie sind quadratisch begrenzt und können auf einem gewöhnlichen Schleifsteine an den Kanten so zugeschleift werden, daß sie genau in die Nutenföhrung der quadratischen Öffnung passen. Die von mir benutzte Zylinderlinse hat + 4 Dioptrien. Sie vereinigt die verschieden gefärbten Strahlen des Spektrums auf einem in passender Entfernung aufgestellten Schirme zu reinem Weiß. Bläst man in den Strahlengang Zigarrenrauch, so kann man auch in der Luft die Konvergenz und die darauffolgende Divergenz der farbigen Lichtstrahlen gut beobachten.

Um nun einen Teil des Spektrums auszuschalten, habe ich auf die Vorderseite des quadratischen Blechschirmes ein

Messingrohr gelötet, in dem ein Messingstab mit Reibung horizontal drehbar und verschiebbar ist. An das vordere Ende dieses Stabes ist eine kleine Hülse aufgelötet, in die ein schmales Glasprisma von kleinem brechenden Winkel eingekittet ist. Die Höhe des Glasprismas ist so bemessen, daß es mit seinem oberen Ende bis zur halben Höhe der Zylinderlinse reicht. Das schmale Glasprisma ist dadurch gewonnen, daß ich von einem Glase, das zum Bedecken der Photographien in Photographieständern dient, die schräge Facette mit dem Diamanten abgeschnitten und dann die Schnittfläche auf einem gewöhnlichen Schleifsteine oder mittelst Schmirgel

auf einer Glasplatte eben geschliffen habe. Nachdem ich die Vereinigung der Spektralfarben zu Weiß gezeigt habe, wird das schmale Glasprisma durch Drehen des Messingstabes vor die Zylinderlinse gebracht. Durch Brechung in dem Prisma wird ein schmaler Teil des Spektrums aus dem übrigen Strahlengange abgelenkt. Es entsteht auf dem weißen Projektionsschirm ein weißer Streifen, dessen untere Hälfte aber gefärbt ist, und neben der gefärbten unteren Hälfte ein komplementär gefärbter Streifen, dessen Farbe von dem aus dem Spektrum abgelenkten Teil der Lichtstrahlen herrührt, während die Färbung am unteren Ende des weißen Streifens von dem Rest des unteren Teiles des Spektrums herrührt. Durch Verschieben des schmalen Prismas in verschiedene Teile des Spektrums kann der Wechsel der Färbungen beliebig hergestellt werden.

Auch dieser Versuch bietet in der Ausführung nicht die geringsten experimentellen Schwierigkeiten. Das Prinzip des Versuches ist nicht neu, doch glaube ich, daß die Ausführung des Versuches im einzelnen der Beschreibung wert ist.

3. Der Regenbogen.

Die Abhängigkeit der Entstehung des Regenbogens von dem Winkel, unter dem die Lichtstrahlen einen Wassertropfen treffen, läßt sich in einfacher Weise mit Hilfe des folgenden Apparates und der zu beschreibenden Versuchsanordnung (Fig. 5) zu einem schönen Demonstrationsversuche machen. Der Hauptteil des Apparates (Fig. 5

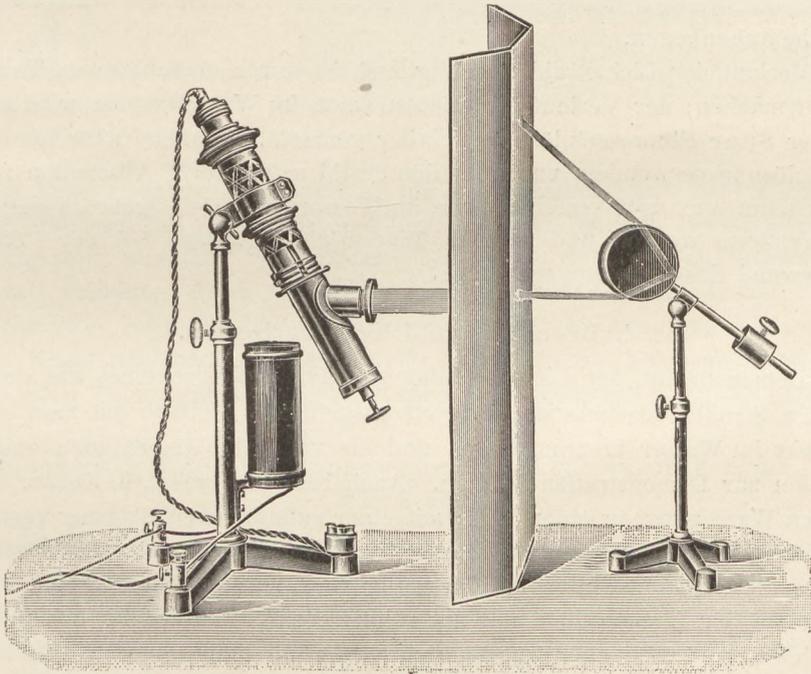


Fig. 5.

rechts) ist ein flaches zylindrisches Glasgefäß mit einem ebenen Boden aus unbelegtem Spiegelglas. Der Spiegelglasboden bildet die dem Beschauer zugewandte Seite des Gefäßes; die abgewandte Seite ist schwarz gefärbt. In der Mitte der Hinterwand ist eine wegen der schwarzen Färbung nicht sichtbare Öffnung angebracht, durch die das Gefäß nach Art eines Pyknometers ohne Luftblasen mit Wasser gefüllt wird. Das Gefäß ist auf einer Stativstange in der aus der Figur ersichtlichen Weise in vertikaler Ebene

gelenkig drehbar an dem einen Ende einer Messingstange befestigt. Auf dem anderen Ende der Stange sitzt ein verschiebbares Laufgewicht, durch das das Gewicht des Gefäßes ausbalanciert wird. Durch diese Anordnung ist das Gefäß innerhalb gewisser Grenzen bequem in vertikaler Ebene auf und ab zu bewegen. Es wird in der Höhe des wagerechten Spaltes eines aus weißem Karton hergestellten Schirmes mit wagerechter Stange aufgestellt. Der Kartonschirm ist auf der Innenseite geschwärzt, um störende Lichtreflexe zu vermeiden. Das parallele Strahlenbündel einer kleinen Bogenlampe wird von hinten auf den Spalt geleitet; es trifft das den Wassertropfen darstellende Gefäß und erfährt auf der Vorderfläche und der Hinterfläche eine teilweise Reflexion, teilweise geht es ungebrochen hindurch. Hebt oder senkt man nun das Gefäß, so sieht man, wie der in der Figur dargestellte Teil des Strahlenbündels allmählich den Schirm hinaufbewegt wird. Zuerst bewegt er sich rasch vom Spalt fort, dann entfernt er sich immer langsamer, und im Augenblicke, wo er die maximale Ablenkung erfährt, entsteht auf dem Schirm statt des bis dahin weißen Streifens ein in den Regenbogenfarben gefärbter Streifen. Bei passender Stellung entsteht der gefärbte Streifen nicht nur auf der dem Wassertropfen zugekehrten, sondern auch auf der dem Beschauer zugekehrten schrägen Seite des Schirmes. Bei weiterer Hebung des Wassertropfens verschwinden die Farben wieder.

Fast gleichzeitig mit dem Auftreten der maximalen Färbung des in der Figur dargestellten Teiles des Strahlenbündels entsteht auf der anderen (also hier unteren) Seite des Spaltes der nach zweimaliger Reflexion im Inneren des Wassertropfens erzeugte Nebenregenbogen.

Der Verlauf der Lichtstrahlen in der Luft ist durch eingeblasenen Tabaksrauch sichtbar zu machen; der Verlauf der Lichtstrahlen im Wassertropfen wird durch Zusetzen einer Spur Fluoresceinlösung sichtbar gemacht. Man darf aber nur eine Spur Fluoresceinlösung verwenden, um nicht den Strahl selbst durch Absorption zu färben. Man kann dann auch gut verfolgen, wie im Wassertropfen die gebrochenen Strahlen zuerst konvergent werden und sich im Innern des Tropfens bei der Reflexion an der Hinterwand des Tropfens schneiden.

4. Brechung und Totalreflexion.

Die Demonstration der Lichtbrechung und Totalreflexion eines aus dem Wasser austretenden Strahlenbüschels ist schon oft ausgeführt. Vielfach hat man eine Glühlampe direkt im Wasser brennen lassen und die vom Glühlampenfaden ausgehenden Lichtstrahlen zur Demonstration benutzt. Auch hat man (wie z. B. KOLBE, ds. Ztschr. XIX 1) den Wassertrog an einer Stelle mit einer zylindrischen Bohrung versehen und in diese die Glühlampe eingeführt. Die geringe Intensität des Glühlampenlichtes gestattet aber diese Demonstration nur im völlig verdunkelten Zimmer, und auch dann ist der Verlauf der Lichtstrahlen nur auf relativ geringe Entfernung hin gut sichtbar. Der Strahlenverlauf wird aber weithin sichtbar, wenn man Bogenlicht oder Sonnenlicht, das direkt von einem im Inneren des Wassertroges liegenden Punkte ausgeht, verwendet. Das gelingt nun durch Verwendung eines spiegelnden Metallkegels, der in den Trog hineingesetzt wird und in der Richtung der Kegelachse von parallelen Strahlen beleuchtet wird. Ich setze zu dem Zwecke in die Glaswanne *W* (Fig. 6) einen Blechschirm *Sch*, der mit einem zylindrischen Blechansatze *C* versehen ist, hinein. Auf den Boden dieses Ansatzes wird in sein Inneres ein hochpolierter versilberter Messingkegel, dessen Achsenschnitt ein gleichschenkelig-rechtwinkeliges Dreieck ist, mit einer Rändelkopfschraube von außen festgeschraubt. Ein von einer

Bogenlampe L ausgehendes paralleles Strahlenbündel S trifft die Spitze und die Seitenflächen und wird durch Reflexion in ein ebenes, von der Achse des Kegels ausgehendes Strahlenbüschel verwandelt. Der zylindrische Ansatz ist in seiner oberen Hälfte ausgeschnitten, so daß dort die Lichtstrahlen nach oben austreten können. In den zylindrischen Ansatz paßt ein mit elf Spalten versehener und an der aus der Wanne herausragenden Handhabe H drehbarer Einsatz, so daß das divergente Strahlenbüschel in elf Teile zerlegt wird, die nun in der aus Fig. 7 ersichtlichen Weise gebrochen und total reflektiert werden. Ein zweiter Einsatz ist nur mit einem einzigen Spalt versehen, der nacheinander in die verschiedenen Lagen gedreht werden kann.

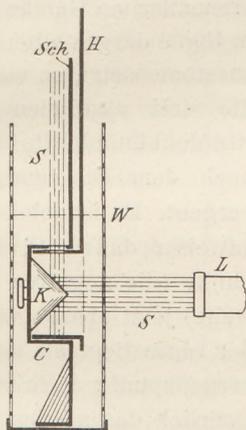


Fig. 6.

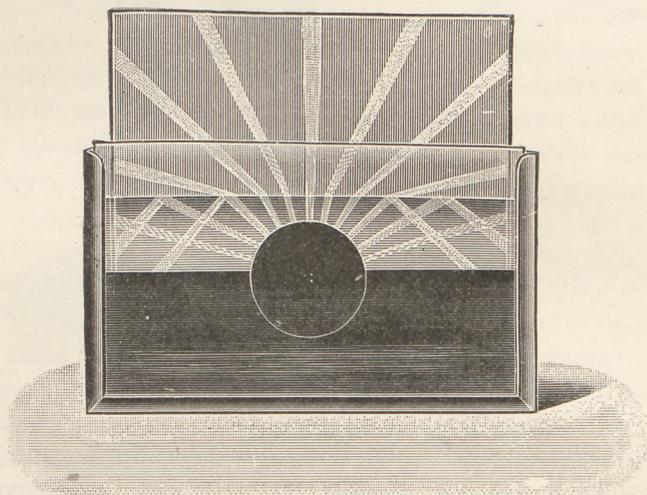


Fig. 7.

In diesem Falle sieht man den Verlauf der gebrochenen Lichtstrahlen einzeln nacheinander, während bei dem anderen Einsatz alle in Betracht kommenden Fälle zugleich dargestellt werden. Der Schirm ist in seinem unteren Teile schwarz, in dem oberen weiß lackiert. Durch streifende Inzidenz wird der Verlauf der Strahlen im größten Hörsaale, selbst im halbverdunkelten Zimmer bis zum letzten Platze sichtbar.

Der Kegel muß nach Ausführung der Demonstration herausgeschraubt und mit einem weichen Tuche gut abgetrocknet werden, da sonst seine Politur leicht verdirbt.

5. Demonstration der Wirkungsweise von Konvex- und Konkavlinen.

(Fig. 8 und 9.)

Als Modell einer Konvexlinse verwende ich einen aus drei prismatischen Gefäßen zusammengesetzten Apparat. Das mittlere der drei Gefäße ist von planparallelen Glaswänden planparallel begrenzt. Es hat folgende Dimensionen: 8 cm lang, 7 cm hoch, 5 cm breit. Es wird gezeigt, daß ein Lichtstrahlenbündel, das dieses mit Wasser gefüllte Gefäß senkrecht zu der Vorder- und der Hinterfläche durchstrahlt, keine Ablenkung erfährt, daß beim schrägen Auffallen des Strahlenbündels nur eine parallele Verschiebung ohne Ablenkung erfolgt. Die beiden oberen und unteren prismatischen Gefäße haben trapezförmigen Querschnitt. Bei dem oberen bildet die der langen Trapezseite zugehörige Fläche den Boden, bei dem unteren bildet die der kurzen Trapezseite zugehörige Seitenfläche den Boden. Ein Lichtstrahlenbündel, das das untere mit Wasser gefüllte Gefäß durchsetzt, wird nach oben abgelenkt, während es durch das obere ebenfalls mit Wasser gefüllte Gefäß nach unten abge-

lenkt wird. Setzt man die drei Gefäße, wie es Fig. 8 zeigt, aufeinander, so werden drei parallele Lichtstrahlenbündel, die gleichzeitig durch alle drei Gefäße gehen, in einem Punkte hinter den drei Gefäßen, dem Brennpunkte der Konvexlinse, vereinigt. Es ist besonders instruktiv, wenn man das Wasser in dem oberen und unteren Gefäße

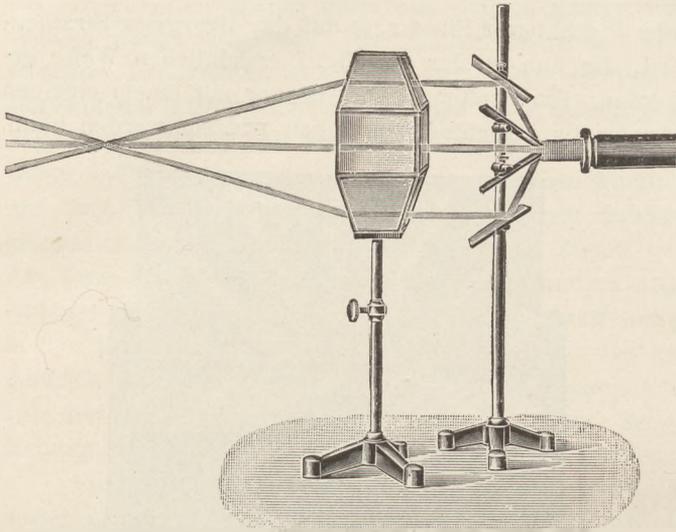


Fig. 8.

der Linse lag. Bei der Darstellung der Konkavlinse ist natürlich das mittlere Gefäß schmaler als bei der Zusammenstellung der Konvexlinse, damit die Gefäße gut aufeinander passen.

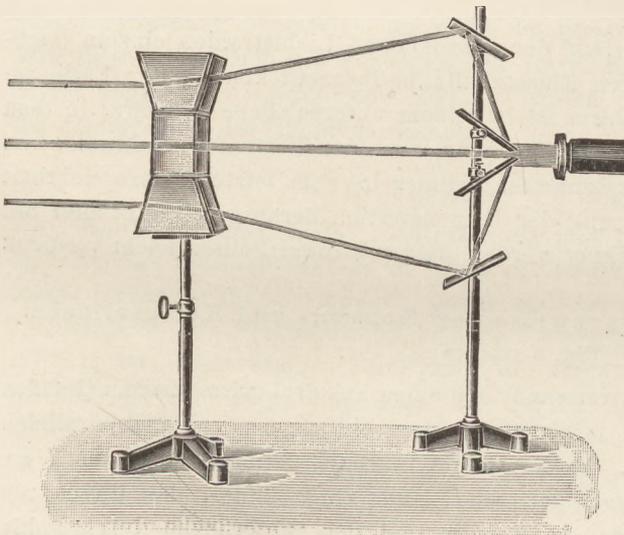


Fig. 9.

bestehen bleibt in solcher Höhe, daß der mittlere Teil des aus der Projektionslampe austretenden parallelen Lichtstrahlenbündels frei hindurchgeht, während der obere und untere Teil des Strahlenbündels nach oben und unten reflektiert werden und dann auf die beiden anderen Spiegel des Hilfsapparates fallen. Man kann nun durch beliebige Stellung dieser beiden Spiegel den beiden reflektierten Lichtstrahlen eine beliebige Lage und Richtung geben, also sie auch z. B. zu

durch ein wenig Farblösung grün bzw. rot färbt, damit die Lichtstrahlen nach dem Durchgange durch die Gefäße gefärbt werden.

Wenn man die drei prismatischen Gefäße in der in Fig. 9 dargestellten Weise zusammensetzt, so verlassen die drei parallelen Lichtstrahlenbündel die Gefäße nach dem Durchgange divergent. Es ist leicht nachzuweisen, daß der Divergenzpunkt (die negative Brennweite) jetzt ebenso weit vor der Linse liegt als der Konvergenzpunkt vorhin hinter

Um nun mit der kleinen Projektionslampe drei getrennte parallele Lichtstrahlenbündel herzustellen, verwende ich den in Fig. 8 und 9 zwischen der Lampe und den prismatischen Gefäßen abgebildeten Hilfsapparat, der aus vier an einem vertikalen Stativ drehbar und verschiebbar angebrachten Planspiegeln besteht. Die beiden mittleren Planspiegel werden unter einem Winkel von annähernd 45° gegen die Horizontale so zusammengeschoben, daß zwischen ihnen ein schmaler, etwa 8 mm breiter Spalt

dem oben angegebenen Versuch parallel dem mittleren Strahlenbündel in solchem Abstände richten, daß, während der mittlere Strahl durch das planparallele Glasgefäß geht, der obere und untere Strahl durch die beiden anderen prismatischen Gefäße geschickt werden. Man kann auch die beiden Spiegel so einstellen und neigen, daß die drei Strahlen ein divergentes Strahlenbündel darstellen, das durch die zusammengesetzte Konvexlinse parallel gemacht wird, oder auch ein konvergentes Strahlenbündel, das durch die Konkavlinse parallel gemacht wird. (Dieser Fall ist in Fig. 9 dargestellt.) Es können natürlich auch andere Richtungen hergestellt werden.

Die Anwendung des aus den vier Planspiegeln bestehenden Hilfsapparates hat das Angenehme, daß man den drei Teilen des Strahlenbündels eine ganz beliebige Entfernung geben kann, während man bei Anwendung eines gewöhnlichen Kondensors, vor den man einen Schirm mit drei Öffnungen stellt, höchstens den Abstand der äußersten Strahlenbündel dem Durchmesser der Kondensorlinse gleich machen kann, wobei aber noch der Übelstand eintritt, daß die durch die Ränder der stark gekrümmten Kondensorlinse gehenden Teile des Lichtes starke Verzerrungen und Färbungen erleiden.

6. Der Fresnelsche Spiegelversuch in der Lloydschen Anordnung mit einem Spiegel.

Die Hauptschwierigkeiten bei der Ausführung des FRESNELSchen Zweispiegelversuches liegen in der Justierung der Lage der beiden Spiegel zu einander und in der Herstellung der Parallelität des Spaltes mit der gemeinsamen Spiegelkante. Verwendet man nach LLOYD nur einen Spiegel und bringt man die von dem Spalt und dem Spiegelbilde des Spaltes kommenden Lichtstrahlen zur Interferenz, so verschwindet die erste Schwierigkeit. Verbindet man ferner den Beleuchtungsspalt fest mit dem reflektierenden Spiegel in richtiger Lage zueinander, so verschwindet auch die zweite Schwierigkeit und der Fundamentalversuch gelingt immer. Dieses führte mich zur Konstruktion des folgenden Apparates (Fig. 10), der noch den weiteren Vorteil hat, daß man die Wellenlänge des benutzten Lichtes sofort mit einer für Unterrichtszwecke völlig genügenden Genauigkeit messen kann. Auf einem Stative ist eine starke rechteckige Messingplatte als Grundplatte vertikal befestigt. An ihrem in der Figur hinteren Ende ist das Spitzenlager einer zweiten starken Metallplatte, auf der der reflektierende Spiegel befestigt ist, angebracht. Durch eine in der Figur nicht sichtbare Feder wird die drehbare Metallplatte an die feste Grundplatte angedrückt. An der vorderen Kante der festen Grundplatte sitzt eine starke Messingplatte, die einen durch die linke Schraube regulierbaren Spalt trägt. Die Schraube rechts ist eine mit einer Trommelteilung versehene Mikrometerschraube, die genau in der Ebene des Spaltes gegen die drehbare mit dem Spiegel versehene Metallplatte drückt.

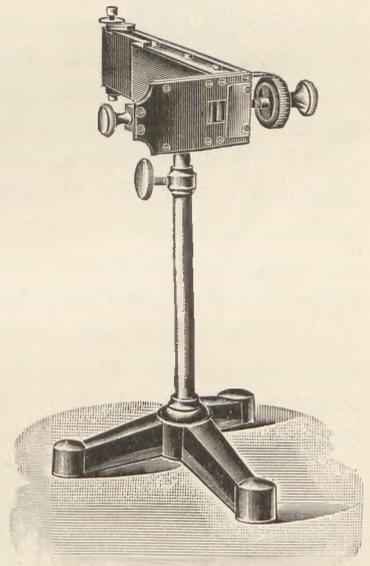


Fig. 10.

An der Mikrometerschraube ist der Abstand des Spaltes von der Spiegelebene direkt abzulesen. Der Abstand der beiden Lichtquellen, deren Strahlen die Inter-

ferenzstreifen erzeugen, also der Abstand des Spaltes vom Spiegelbilde des Spaltes, ist doppelt so groß wie der abgelesene Abstand.

Zur Ausführung des Spiegelversuches braucht man nur den Spalt von der in der Figur vorderen Seite aus mit parallelem Licht zu beleuchten, so entstehen auf einem in etwa 1 m Entfernung aufgestellten weißen Schirme die Interferenzstreifen, deren Abstand sich ändert, wenn man an der Mikrometerschraube dreht, ein Zeichen dafür, daß hier tatsächlich FRESNELSche Streifen und keine Beugungsstreifen auftreten.

Zur Messung der Lichtwellenlänge verwende ich eine Mattglasscheibe von feinstem Korn, auf der eine Millimeterteilung eingätzt ist. Auf dieser entstehen dann die von der Rückseite aus gut beobachtbaren und meßbaren Interferenzstreifen. Die Mattglasscheibe wird in der Nutenföhrung eines in der Mitte rechteckig ausgeschnittenen Blechschirmes eingesetzt, ähnlich dem Blechschirme von Fig. 4, doch mit größerem Ausschnitt versehen. Auf dem Blechschirme ist auf beiden Seiten des Ausschnittes eine Nutenföhrung angebracht. In die eine Nutenföhrung kommt die beschriebene Mattglasscheibe, in die andere eine zur Hälfte rote, zur Hälfte blaue Glasscheibe. So entstehen die Interferenzstreifen für rotes und blaues Licht direkt übereinander, und für beide Strahlenarten ist die Breite der Interferenzstreifen gleichzeitig meßbar und vergleichbar.

Nachdem man vorläufig die Interferenzstreifen deutlich hergestellt hat, dreht man die Mikrometerschraube so weit vor, daß die Interferenzstreifen verschwinden, so daß nur einige verschwommene Beugungsstreifen übrig bleiben. Das ist recht gut einstellbar, denn im Augenblicke des Verschwindens der FRESNELSchen Streifen sieht man bei genauer Beobachtung, wie sich der Schatten der vorderen Spiegelkante auf dem Schirme abzeichnet. Diese Stellung ist die Nullstellung der Mikrometerschraube, die jetzt abgelesen wird. Dann dreht man die Mikrometerschraube so weit zurück, daß die Interferenzstreifen genau mit einigen Millimeterstrichen auf der Mattscheibe zusammenfallen, so daß also der Abstand der Interferenzstreifen gut meßbar ist. Jetzt wird die zweite Ablesung der Mikrometerschraube gemacht, und aus beiden Ablesungen wird der Abstand des Spaltes vom Spiegel, also auch der Abstand der beiden Lichtquellen bestimmt. Endlich ist noch der Abstand des Spaltes vom Schirme mit dem Metermaßstabe zu messen. Aus diesen drei Größen wird die Lichtwellenlänge in bekannter Weise ausgerechnet.

Ich erwähne noch, daß ich die feste Verbindung des Spaltes auch mit dem doppelten Spiegel für den FRESNELSchen Spiegelversuch mit demselben guten Erfolge ausgeführt habe. Auch hierbei wird die Ausführung des Versuches wesentlich vereinfacht.

Endlich bemerke ich, daß ich den beschriebenen Meßschirm, die Mattglasscheibe mit Millimeterteilung und doppelt gefärbter Glasscheibe auch für die anderen Interferenzversuche, also für die Newtonschen Ringe und für die Beugungsversuche, mit großem Erfolg verwende.

7. Polarisationsversuche.

Auf den horizontalen Ansatz meiner Lilliput-Projektionslampe, der die Kondensorlinse enthält, wird ein Messingring mit Reibung aufgesetzt, an den ein starkes Messingblech angelötet ist, das einmal rechtwinkelig und dann noch einmal so gebogen ist, daß das aus der Projektionslampe austretende Strahlenbündel das Blech unter dem Polarisationswinkel von 55° trifft. In Fig. 6 des Aufsatzes in ds. Ztschr. XIX 141 ist

dieser Ansatz auf der Lampe abgebildet. Auf diesen Teil des Messingbleches ist mittelst zweier aufgelöteter Blechstreifen, die als Nutenführung dienen, eine schwarze Spiegelglasplatte aufgesetzt. Die aus der Projektionslampe austretenden Lichtstrahlen treffen die Spiegelglasplatte unter dem Polarisationswinkel und erfahren hier eine vollständige Polarisation mit horizontaler Polarisationsebene. Wegen der leichten Verstellbarkeit der kleinen Projektionslampe ist der von mir in meinem Aufsätze (ds. Zeitschr. XVIII 321) hervorgehobene Übelstand, daß das polarisierte Lichtstrahlenbündel durch die Reflexion eine Richtungsveränderung erfährt, von untergeordneter Bedeutung, denn man kann mit einem einzigen Handgriff den ganzen Apparat ohne Platzverschwendung so drehen, daß das polarisierte Lichtstrahlenbündel in der Richtung des Experimentiertisches verläuft. Als Analysator verwende ich entweder den von mir a. a. O. beschriebenen Pyramiden-Analysator oder statt dessen eine einfache Spiegelglasplatte, die an Stelle des Pyramidenanalysators, unter dem Polarisationswinkel gegen den einfallenden Lichtstrahl geneigt, um eine mit der Richtung des einfallenden Lichtstrahles zusammenfallende horizontale Achse drehbar, in die Mitte eines kreisförmigen weißen Schirmes eingesetzt wird. Die Demonstration der Färbungen im Gipsplättchen geschieht durch einfache Einschaltung des Gipsplättchens in den Strahlengang und durch Zwischenschalten einer Konvexlinse zwischen Gipsplättchen und Analysator in der Art, daß auf dem weißen Schirm nach der Reflexion im Analysator ein deutliches Bild des Gipsplättchens entsteht.

Die Demonstration des Kalkspatkreuzes gestaltet sich außerordentlich einfach und farbenprächtig unter Benutzung des in Fig. 11 dargestellten Hilfsapparates. Derselbe besteht aus einem aus geschwärztem Messingblech hergestellten rechteckigen Rahmen, der in einem Dreifußstativ in der Höhe des Lichtstrahlenbündels aufgestellt wird. Die der Lichtquelle zugewandte Seite des Rahmens (in der Figur links) erhält eine Ringfassung zur Aufnahme einer Konvexlinse von + 20 Dioptrien, die mittels eines Sprengringes festgehalten wird. Innerhalb des Rahmens schließt sich an die Ringfassung ein kurzes Messingrohr an, in dem eine kleine Fassung zur Aufnahme eines gewöhnlichen, senkrecht zur optischen Achse geschnittenen Kalkspatpräparates mit einem kurzen Rohransatz drehbar sitzt. Das Präparat wird in der Fassung durch zwei kleine Federn festgehalten. In die andere Seite des Rahmens ist ein kurzes Messingrohr eingelötet, in das entweder ein kleines Nicolsches Prisma oder ein kleiner Reflexpolarisator (von der ds. Zeitschr. XVIII 326, Fig. 6 beschriebenen Art) paßt. Man kann bei dieser Anordnung, die der Forderung, die an jeden physikalischen Unterrichtsapparat in erster Linie gestellt werden muß, daß er nämlich übersichtlich und einfach ist, entspricht, das Kalkspatkreuz sowohl bei gekreuzten wie bei parallelen Polarisatoren und die Unveränderlichkeit bei Drehung des Präparates mit einer solchen Lichtstärke und Schönheit objektiv vorführen, wie sie auch die größten Projektionsapparate kaum besser zeigen.

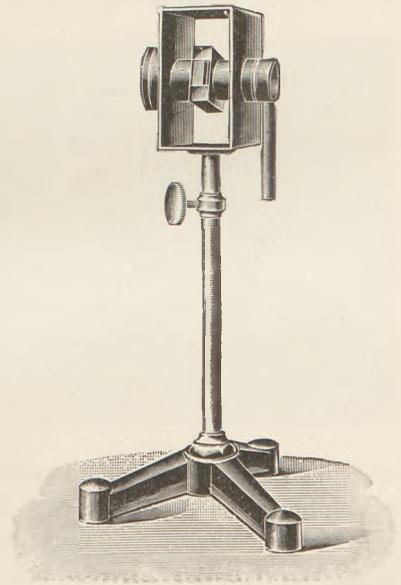


Fig. 11.

8. Modell zur Veranschaulichung der Drehung der Polarisationssebene im Quarz und in der Zuckerlösung.

Als Ergänzung der von mir in ds. Zeitschr. *XVIII*, 6. Heft veröffentlichten Drahtmodelle zur Veranschaulichung der Vorgänge bei der Polarisation des Gipses und der Entstehung des Kalkspatkreuzes möge noch die Beschreibung eines Drahtmodelles zur Veranschaulichung der Drehung der Polarisationssebene in zirkular polarisierenden Substanzen dienen. (Fig. 12.) Auf einer auf einem Dreifuß stehenden vertikalen Stange

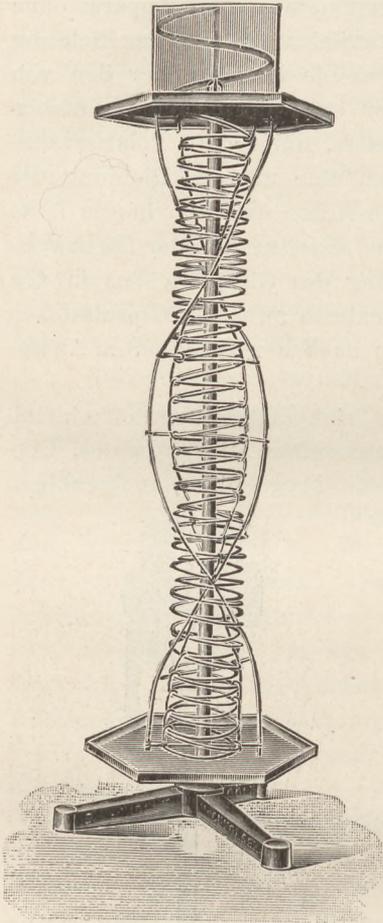


Fig. 12.

sind zwei Bleche von regelmäßig sechseckiger Gestalt in einem Abstände von 64 cm übereinander angebracht. Diese Bleche veranschaulichen die Begrenzungsflächen einer sechsseitigen Säule aus Quarz. Der zwischen den Blechen liegende Raum soll eine senkrecht zur optischen Achse geschnittene Quarzplatte darstellen. Auf der oberen Platte sitzt ein vertikales Blech, dessen Ebene die Ebene des linear polarisierten Lichtstrahles angeben soll. Zwischen den beiden sechseckigen Blechen befindet sich eine links und eine rechts gewundene Drahtspirale. Die links gewundene Drahtspirale hat 31, die rechts gewundene 32 Windungen. Diese sollen die beiden zirkular polarisierten Wellen, in die das linear polarisierte Licht beim Eintritt in den Quarz zerlegt wird, darstellen. Das links zirkular polarisierte Licht hat eine größere Fortpflanzungsgeschwindigkeit, weshalb die Anzahl der Windungen der links gewundenen Spirale um eine geringer ist als die der rechts gewundenen. Die beiden Drahtspiralen schneiden sich in einer Reihe von Punkten. Die Verbindungslinie zweier gegenüberliegender Schnittpunkte gibt das Azimut des aus den zirkular polarisierten Lichtstrahlen zusammengesetzten linear polarisierten Lichtes in jedem Punkte an. Man erkennt an dem Modell, wie durch die ganze Länge des Quarzes hindurch dieses Azimut eine Drehung um 360° im Sinne einer rechtsgängigen Schraube erfährt.

Die an den einzelnen Stellen als Resultierende der zirkular polarisierten Lichtstrahlen auftretende lineare Welle ist in der aus der Figur ersichtlichen Weise durch eine Reihe von Stäben und Drähten angedeutet. Unterhalb der unteren Platte tritt der Lichtstrahl einfach linear polarisiert wieder aus. Meine Erfahrungen im Unterricht beweisen, daß die Veranschaulichung dieser Verhältnisse durch das Modell das Verständnis für die zirkulare Polarisation wesentlich fördert¹⁾.

¹⁾ Anmerkung. Die beschriebenen Apparate werden von E. Leybolds Nachf., Köln a. Rh. und A. Krüß, Hamburg, nach meinen Angaben angefertigt und geliefert.

Die Strahlenbegrenzung für Hohlspiegelbilder.

Von

Hans Keferstein in Hamburg.

Der Verfasser des nachstehenden Aufsatzes ist wiederholt für die Berücksichtigung der Strahlenbegrenzung durch optische Instrumente im Unterricht eingetreten¹⁾. Mündliche Äußerungen wie die neuesten Lehrbücher der Physik bekunden diesen Vorschlägen gegenüber Ablehnung oder Nichtbeachtung²⁾. Der Grund hierfür kann unmöglich in der Sache selbst liegen. Die Untersuchung der Strahlenbegrenzung, für die Abbe und Czapski die Wege gewiesen haben, ist selbst für ein oberflächliches Verständnis der Helligkeits- und Größenverhältnisse des Gesichtsfeldes von Mikroskopen und Fernrohren unentbehrlich; sie fügt sich ferner dem Grundsatz I der Meraner Lehrpläne „die Physik ist im Unterricht nicht als mathematische Wissenschaft, sondern als Naturwissenschaft zu behandeln“, während das übliche Verfahren der geometrischen Optik, an dem die Fachgenossen mit ungewöhnlicher Zähigkeit festhalten, dieser Forderung genau besehen ins Gesicht schlägt; sie bietet endlich für einen Primaner in der einfachen Fassung, die der Schule gemäß ist, keine nennenswerten Schwierigkeiten, erregt aber, wie der Verfasser seiner eigenen Unterrichtserfahrung entnehmen kann, das Interesse in weit höherem Grade als die Diskussion der Hohlspiegel- und Linsenformel und das Zeichnen der Bilder mittels achsenparalleler und Mittelpunkt- oder Brennpunktstrahlen, die an der wirklichen Bilderzeugung häufig gar nicht beteiligt sind. Der passive und aktive Widerstand gegen die Aufnahme der durchaus nicht mehr neuen Begriffe in den Schulunterricht muß also wohl durch die Form der bisher vorliegenden Darstellungen verschuldet sein. Im nachstehenden sollen deshalb drei Versuche mit dem Hohlspiegel beschrieben werden, die so einfacher, klarer und zugleich zwingender Art sind, daß sie hoffentlich Nachahmung finden und damit die Aufmerksamkeit der Fachgenossen auf den Strahlengang in optischen Instrumenten lenken. Die elementaren Betrachtungen über Apertur- und Gesichtsfeldblenden, wie sie in dieser Zeitschrift veröffentlicht wurden (vergl. Anm.), werden dabei als bekannt vorausgesetzt; sie können schon in der ersten Optikstunde zur Erledigung kommen. Die Schüler müssen außerdem mit den Worten „Licht“- und „Beleuchtungsstärke“ bereits bestimmte Vorstellungen verbinden und das Hohlspiegelgesetz kennen.

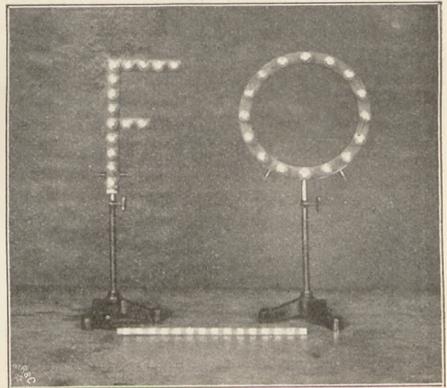


Fig. 1.

Der Durchmesser des für die Versuche benutzten Hohlspiegels H betrug 8 cm, seine Brennweite $f = 60$ cm. Als Objekt O (objektseitiges Gesichtsfeld) diente meist ein von Grimsehl konstruierter Glühlampenring oder ein illuminiertes großes F (Fig. 1). Der Lampenring besteht aus einem Holzring von 20 cm Durchmesser auf einem Stativ; auf dem Ring sind 16 Glühlampen von je 7 Volt Spannung hintereinander geschaltet, so daß sie

¹⁾ Zur Einführung der Begriffe „Apertur- und Gesichtsfeldblende“, ds. Zeitschr. *XVIII* S. 274–277.

Strahlengang und Vergrößerung in optischen Instrumenten. Abhandlungen zur Didaktik und Philosophie der Naturwissenschaft, Band I, Heft 5. Berlin, Springer, 1905.

²⁾ Doch vergleiche F. Barmwater, Laerebog i Optik, Kopenhagen 1906, wo der wirkliche Strahlengang berücksichtigt ist.

unmittelbar an den Leitungsstrom mit 110 Volt angeschlossen werden können. Das P' ist ähnlich eingerichtet. Für die Experimente mit Blenden wurde ein Schirm B mit einem kreisförmigen Loch verwandt, in das der Heliostatenansatz mit Revolverblende paßte (vergl. Fig. 3). Bei allen Versuchen betrug die Entfernung des Objekts vom Spiegel 420 cm, die Entfernung des reellen Bildes J vom Spiegel also 70 cm.

Erster Versuch: Das vom Hohlspiegel erzeugte reelle Bild des Glühlampenringes wird auf einem durchscheinenden Schirm S aufgefangen. Es ist von allen Seiten her sichtbar. Schiebt man allmählich ein Blatt Papier über die Spiegelfläche, so nimmt die Helligkeit des Bildes mehr und mehr ab, es bleibt aber vollständig sichtbar, bis die ganze Spiegelfläche verdeckt ist.

Ergebnis: Von jedem Objektpunkt strahlt ein Lichtkegel aus, der die ganze Spiegelfläche, beim Verschieben des Papiers immer kleiner werdende Teile dieser Fläche zur Basis hat. Diese Basis ist gleichzeitig die Grundfläche des reflektierten Lichtkegels, dessen Spitze der entsprechende Bildpunkt ist (Fig. 2). Die Größe der Spiegelfläche bzw. ihrer unverdeckten Teile bestimmt demnach die Helligkeit des Bildes; die Fassung des Spiegels wirkt als Aperturblende. Das Bild ist infolge der diffusen Reflexion an dem Papierschirm von allen Seiten her sichtbar.

Zweiter Versuch: Am Orte des reellen Bildes oder auch in etwas größerer Entfernung vom Spiegel (z. B. 80 cm) wird Schirm B mit der Revolverblende aufgestellt, so daß

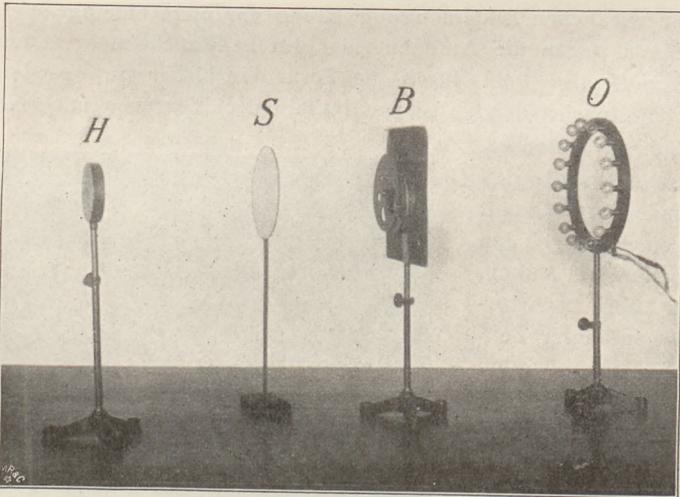


Fig. 3.

das Bild als Ganzes bleibt bestehen. Rückt man eine Blende von gegebener Größe weiter und weiter vom Spiegel ab, so verschwinden namentlich bei kleiner Blendenöffnung immer mehr Randteile des Bildes.

Ergebnis: Bei der Versuchsanordnung wirkte die Blende als Aperturblende, die Spiegelfassung als Gesichtsfeldblende. Eine einzelne, in den Gang von Lichtbündeln gestellte Blende wirkt stets als Aperturblende; beim Vorhandensein von zwei Blenden ist im allgemeinen die eine Apertur-, die andere Gesichtsfeldblende. Aperturblende ist immer die Blende, die vom Mittelpunkt des Gesichtsfeldes (Objekts) aus unter dem kleineren Winkel erscheint, die zweite Blende ist Gesichtsfeldblende¹⁾; die Größe des Gesichtsfeldes GG ist

¹⁾ Beim Verdecken des Spiegels kann der Fall eintreten, daß der unverdeckte Teil des Spiegels vom Mittelpunkt des Gesichtsfeldes aus unter kleinerem Winkel erscheint als die Blende. Dann kehren sich die Erscheinungen um; der Spiegel wird Aperturblende, die Blende Gesichtsfeldblende.

Spiegel, Blende und Glühlampenring annähernd zentrisch angeordnet sind (Fig. 3). Bei leichter, seitlicher Drehung des Spiegels erscheint das Bild wie vorher auf dem Schirm B selbst oder auf dem Papierschirm S . Das Verdecken von bestimmten Teilen der Spiegelfläche bewirkt das Verschwinden bestimmter Teile des Bildes ohne merkliche Helligkeitsänderung der sichtbar bleibenden Teile. Dagegen hat jede Verkleinerung der Blendenöffnung eine Herabsetzung der Helligkeit des gesamten Bildes zur Folge,

wesentlich (nämlich sofern nur die abbildenden Hauptstrahlen, d. h. die Achsen der Strahlenkegel, in Betracht gezogen werden) durch den Winkel bestimmt, unter dem vom Mittelpunkt der Aperturblende aus die Gesichtsfeldblende erscheint, also vom Abstand der beiden Blenden (das Nähere ist in den angeführten Abhandlungen nachzulesen); sie verkleinert sich bei Vergrößerung dieses Abstandes (Fig. 4, die Linien GH begrenzen das Gesichtsfeld).

Das Ergebnis des zweiten Versuchs weist auf eine beim ersten zu beobachtende Vorsichtsmaßregel hin. Man darf dort nämlich den Papierschirm nicht so aufstellen, daß sein Rand als Blende wirkt; ein in dieser Beziehung gemachter Fehler verrät sich beim Verdecken des Spiegels sofort durch das Verschwinden von Bildteilen. Das ist namentlich bei Gebrauch von Papierschirmen mit halbkreisförmigem Ausschnitt, wie sie gerade bei Hohlspiegelversuchen meist benutzt werden, zu berücksichtigen.

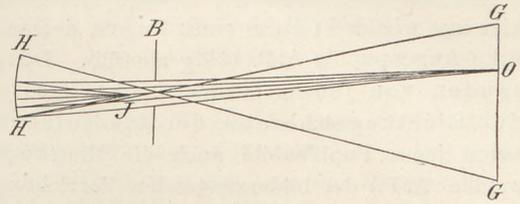


Fig. 4.

Dritter Versuch: Auffangschirm und Blendenschirm werden entfernt. Das in der Luft schwebende reelle Bild wird direkt betrachtet. Es kann nur in einer bestimmten Richtung, die annähernd mit der Spiegelachse zusammenfällt, gesehen werden. Der Beschauer, der etwa zunächst neben das Objekt zu stellen ist, projiziert das Bild meist unwillkürlich auf den Spiegel, durch Bewegen eines Gegenstandes in der Nähe des Bildortes muß er dazu gebracht werden, den Ort richtig festzustellen. Verdeckt man einen bestimmten Teil des Spiegels, so verschwinden bestimmte Teile des Bildes (hat man die Ortsbestimmung des Bildes vorher nicht ausführen lassen, so behauptet der Schüler, das Papier werde vor das Bild gehalten). Nähert der Beobachter das Auge dem Spiegel, so ist schließlich das Bild nicht mehr ganz zu übersehen, auch wenn es sich noch vor dem Auge befindet; das Bild ist um so besser zu überblicken, das zu überschauende Gesichtsfeld wird um so größer, je weiter man sich vom Spiegel entfernt.

Ergebnis: Die Fassung des Spiegels wirkt als Gesichtsfeldblende. Es muß also nach den vorangegangenen Versuchen noch eine zweite Blende den Strahlengang beeinflussen, und zwar als Aperturblende. Wo ist sie? Die Veränderungen in der Größe des Gesichtsfeldes bei Veränderungen der Entfernung des beobachtenden Auges vom Spiegel weisen auf die Pupille hin. Für die in das Auge eintretenden, von den Punkten des reellen Bildes ausgehenden Lichtbündel ist die Pupille zweifellos Aperturblende, denn sie ist die einzige Blende, die in den Weg dieser Strahlen tritt. Versuche 1 und 2 lehren aber, daß schon die bilderzeugenden Lichtbündel durch eine Aperturblende hindurchtreten müssen, wenn der Spiegel als Gesichtsfeldblende wirkt. Nach Versuch 2 erfolgt Vergrößerung des Gesichtsfeldes beim Heranrücken der Aperturblende an den Spiegel, Verkleinerung beim Abrücken. Beim Versuch 3 sehen wir vom Objekt um so mehr, je ferner das Auge vom Spiegel ist, um so weniger, je näher es ihm liegt. Je weiter entfernt ein Gegenstand vom Spiegel ist, um so näher am Spiegel liegt das Bild des Gegenstandes und umgekehrt. Die Tatsachen weisen also darauf hin, daß die ganze Erscheinung durch das vom Hohlspiegel erzeugte Bild E.P. der Pupille A.P. des Beobachters hervorgerufen wird (Fig. 5). Selbstverständlich existiert ein solches Bild, bei genügend heller Beleuchtung des Gesichts des Beobachters kann es sogar auf einem Schirm aufgefangen werden. Die bekannte Vertauschbarkeit von Gegenstand und Bild besagt aber, daß jeder schließlich in die wirkliche Pupille eintretende und von einem Punkte des reellen Bildes ausgehende Lichtstrahl vorher durch das Pupillenbild gegangen und von einem Objektpunkte ausgefahren sein muß. Mit

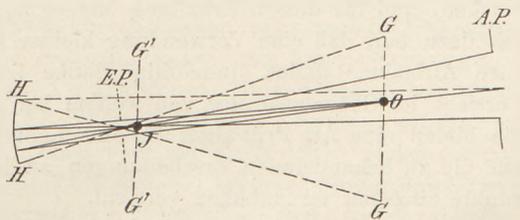


Fig. 5.

leichter Metapher kann man auch sagen: Wie der aufrecht stehende Beobachter das umgekehrte reelle Bild betrachtet, genau so sieht das umgekehrte Bild des Beobachters das aufrechte Objekt an. Das Pupillenbild E. P. ist Basis der von jedem Objektpunkt O ausstrahlenden bildformierenden Lichtkegel; nach dem Durchgang durch das Pupillenbild treffen diese Kegel je nach Lage ihrer Achse auf verschiedene Teile des Spiegels H , werden zurückgeworfen, konvergieren nach dem entsprechenden Bildpunkt J und divergieren von hier aus wieder in Form eines Kegels, dessen Öffnung genau so groß ist, daß er die wirkliche Augenpupille A. P. völlig ausfüllt. Das Bild der Pupille schneidet aus der gesamten von jedem Objektpunkt ausstrahlenden Lichtmenge von vornherein den Lichtkegel heraus, der das Netzhautbild dieses Punktes hervorbringt. Man nennt jenes Pupillenbild auch die Eintrittspupille (E. P.), die Pupille selbst die Austrittspupille (A. P.) der bilderzeugenden Vorrichtung, hier des Hohlspiegels. Die Strahlen GH begrenzen das objektseitige Gesichtsfeld, die ihnen entsprechenden Bildstrahlen durch die Mitte von A. P. (in der Figur ist nur der eine gezeichnet) das bildseitige Gesichtsfeld. Daß die reellen Bilder bei dieser Art der Betrachtung nur in einer bestimmten Richtung gesehen werden können, erklärt sich aus dem Strahlengang ohne weiteres.

Die hier beschriebenen Versuche wird man bei Behandlung der Konvexlinse mit den nötigen Abänderungen wiederholen. Es läßt sich natürlich auch zeigen, daß die Pupille bzw. ihr Bild nicht notwendig immer Aperturblende ist, daß vielmehr auch ein Rollenaustausch zwischen ihr und der Spiegelfassung eintreten kann. Da indessen bei den optischen Instrumenten der Fall, daß das Auge eine Beschränkung des Gesichtsfeldes herbeiführt, nur ausnahmsweise eintritt, wird man besser hierauf nicht eingehen.

Das Verständnis der Strahlenbegrenzung in den Mikroskopen und Fernrohren, wie sie in des Verfassers Abhandlung über „Strahlengang und Vergrößerung in optischen Instrumenten“ näher erörtert ist, dürfte nach der im vorstehenden angedeuteten Vorbereitung des Schülers schwerlich noch auf irgendwelche Schwierigkeiten stoßen.

Weitere Verwendungen von Gummiballons.

Von

Prof. H. Rebenstorff in Dresden.

Die im vor. Jahrgange d. Zeitschr. S. 98 beschriebenen, bequem füll- und verschließbaren kugeligen Gummihüllen sind ein so wirksames Demonstrationmittel, daß ihr allmähliches Unbrauchbarwerden kein Grund zur Versäumnis ihres Gebrauches sein darf. Auch das neuzeitliche Interesse für Luftschiffahrt, das die illustrierten Wochenschriften allgemein machen, und für dessen Erhaltung Meteorologie und Heerwesen wohl sorgen werden, trägt mit dazu bei, daß eine Verwendung kleiner Ballons beim Unterrichte eine besonders dankbare Aufnahme findet. Immerhin glaube ich, jungen versuchsfreudigen Lehrern einige Vorsicht im Gebrauche der von weitem her schon beweglichen Ballons anraten zu dürfen. Sie bilden eine Art Prüfmittel für den Lehrer, ob er das Interesse aller Schüler beständig auf die zu behandelnden Erscheinungen zu konzentrieren und zu Störungen führende Instinkte einzelner fernzuhalten versteht.

Ballons aus Kautschuk wurden vor 75 Jahren zuerst von Dr. Mitchell in Philadelphia hergestellt, der in Äther erweichte Kautschukflaschen aufblies (*Pogg. Ann.* 28, S. 334 und 352), die, mit Wasserstoff gefüllt, längere Zeit an der Zimmerdecke schwebten. Mitchell entdeckte auch die schnellere Diffusion von Wasserstoff, Kohlensäure, Sauerstoff und anderen Gasen, die besonders langsame von Stickstoff durch dünne Kautschukwände. Es sei hinzugefügt, daß das eigenartige Verhalten des Kautschuks, beim straffen Ausspannen eines nicht zu dünnen Streifens sich zu erwärmen, beim Zusammenziehen sich abzukühlen (mit den Lippen leicht fühlbar), sowie die anomale thermische Längenänderung des gespannten

Kautschuks von Gough 1806 entdeckt, lange Zeit vergessen war und zuerst von Joule u. a. wiederholt und bearbeitet wurde (*J. Rufsner, Wied. Ann. 43, 533, 1891*).

Die in ihrer Art wunderbare Stoffnatur des Kautschuks bildet den denkbar größten Gegensatz zu dem soliden Messing der Apparate. Mit dem baldigen Verderben des elastischen Materials hat sich die Praxis auf manchen Gebieten, auf denen der Kautschuk allein herrscht, trotz des hohen Preises völlig abgefunden. Neubestellungen der kleinen Ballons sind beim Aufbewahren in vor Licht und trockner Luft schützender Blechkiste nur etwa jährlich einmal erforderlich, machen also gegenüber dem großen Nutzen dieses Verbrauchartikels bei richtigem Hantieren geringe Umstände.

1. Die Füllung eines Ballons mit Wasserstoff für den Versuch der Messung des Auftriebes gestaltet sich am einfachsten, wenn komprimiertes Gas zur Verfügung steht, und demonstriert unmittelbar das Verfahren der Militärluftschiffer, die den Wasserstoff in einer Reihe von „Gaswagen“ mit je 20 Bomben mitführen, aus denen er in eine einzige Füllröhre tritt, so daß der Ballon in einer Viertelstunde zum Aufsteigen bereit ist. Hat man keinen Wasserstoff vorrätig, auch nicht im Gasometer, so kann das Füllen ebenfalls in kürzester Zeit mittels des Gummigebläses geschehen, das gleich von einem gut beschickten konstanten Wasserstoffentwickler her das Gas ansaugt. Bequem ist z. B. ein v. Baboscher Entwickler oder der (ds. Zeitschr. XX 175) beschriebene, selbsterstellbare Apparat. Damit es schnell geht, muß der Entwickler einen Gasraum von wenigstens $\frac{1}{2}$ l Inhalt haben, das genügend reichliche Zink bei großer Reinheit kobaltiert (ds. Zeitschr. XVIII 290) und die verdünnte Schwefelsäure vom spez. Gew. 1,15 benutzt werden. Nach dem Anschließen des Gebläses füllt man zunächst den Druckball mit Wasserstoff, wobei man das nach außen angebrachte Ventil durch Zuhalten des Abzugsschlauches unterstützt. Nach dem alsdann vorgenommenen Anstreifen des leeren Ballons beachte man beim Gebrauche des Druckballes nur, daß bei zu schnellem Tempo des Wiederansaugens Luft hinter der Säure her in den Entwickler gesaugt und die Größe des „reduzierten“ Auftriebes des verunreinigten Wasserstoffes unter 1,1 g pro l bei Zimmerwärme herabgesetzt werden kann. Den Gasabflußhahn des Entwicklers öffne man nur so weit, daß die Säure beim Saugen des Druckballes nicht zu stürmisch nachstürzt; sie tritt dann beim Verdichten auch nur ein wenig wieder zurück, wenn dem Ventilschluß am Druckballe eine kleine Zeit des Offenbleibens vorausgeht. Die Ventile schließen natürlich nur bei einseitigem Überdruck. Ist der Ballon leicht aufzutreiben, wie meine dünnwandigen Muster von 6 cm Durchmesser (beim Liegen) und öfterem Aufblähen nach vielen Monaten es sind, so genügt ein Druck von etwa 15 cm Wassersäule zum Spannen der Membran. Auch ohne Tätigkeit des zwischengeschalteten Gebläses erreicht der Ballon dieser Sorte eine Größe von 4 l, da die Ventile infolge fehlenden Überdruckes für nicht zu schnelle Gasströme offenstehen. Ist der Ballon einmal aufgebläht, so hält schon ein nicht unwesentlich geringerer Gasdruck ihn in seinem Zustande fest (elastische Nachwirkung).

Der Gebrauch der Auftriebmeßkette wird noch übersichtlicher, wenn nach je 10 Gliedern ein Stückchen weißer Schnur mit queren Enden festgeknotet ist; man kann damit zugleich das Gewicht von je 25 Gliedern noch genauer auf 1 g abgleichen. Unter Umständen möchten noch folgende Hinweise von Nutzen sein. Hat man einmal wirksamen Sonnenschein auf dem Tische, so kann man durch Hineinbringen eines über der Kette schwebenden Ballons die Zunahme der Steigkraft demonstrieren, die der Luftschiffahrt bei wechselnder Bewölkung die vertikale Lenkbarkeit des Ballons so bedeutend erschwert. Bezüglich des allmählichen Rückganges der Steigkraft durch Gasverluste kann man die Betrachtung anschließen, daß der Bruchteil, um den die Steigkraft in gleichen Zeiten abnimmt, der Oberfläche des Ballons direkt, seinem Volumen umgekehrt proportional, nach den stereometrischen Formeln also dem Radius umgekehrt proportional ist. Denkfragen liefert das Verhalten des Ballons in höheren Luftschichten mit Besprechung des sinnreichen Verfahrens, meteorologische Registrierapparate nach Sondierung des Luftmeeres dadurch innerhalb erreichbarer Nähe wieder landen zu lassen, daß man die Last von zwei Ballons übereinander emportragen läßt, von

denen der eine beim Höhersteigen schließlich zerplatzt, während der andere als Fallschirm dient. Scherzhaft sieht es aus, wenn auf dem über der Kette schwebenden Ballon als geborener Luftschiffer eine Fliege Platz nimmt oder auffliegt. Bei seiner geringen Masse wird der große, in Ruhe befindliche Ballon fast ruckweise bewegt, wenn die etwa 2 cg betragende Gewichtsänderung erfolgt; eine Überschlagsrechnung nach den Bewegungsgesetzen mittels der aus den Massen gefundenen durchschnittlichen Beschleunigung und der kleinen Wegstrecke einer halben Kettengliedlänge ergibt einen Bruchteil der Sekunde für die Dauer der Bewegung.

2. Der Angabe weiterer Versuche sei vorausgeschickt, daß jeder Schüler, der das Aufblähen eines Gummiballons mitansieht, daran erinnert werden kann, daß er beim Drücken eines Jahrmarktsballons mit den Händen den Widerstand der Expansion oder die Körperlichkeit eines Gases deutlichst gefühlt hat. Größere Luftmengen, die mit etwas Druck nach außen gelangen, können nicht besser gezeigt werden als durch Aufblähen eines Ballons. Manche der für Kollodiumballons (vgl. mein Verfahren der Herstellung glattwandiger Ballons, ds. Zeitschr. XVI 31 und über Versuche damit XVIII 15) angegebenen Demonstrationen sind auch mit Gummiballons ausführbar. Eine zweckmäßige Vorführung ist die Bestimmung des Gewichtes der Luftmenge, die in einen metallenen leeren Heronsball gepumpt ward, durch dessen Gewichtszunahme auf der Wage (nach GALILEI, vgl. ds. Zeitschr. XV 322). Läßt man darnach den Luftüberschuß aus einem Schlauch nebst spitzem Glasrohr in einen Gummiballon übertreten, so zeigt man das jener Gewichts-differenz zugehörige Volumen, das ein „Umfangmaß“ an kleineren Kugeln genauer als bis auf $\frac{1}{10}$ l abmißt. Bei einem Ballon der erwähnten Art, der schon einige Füllungen erlebte, wäre das zum Vorzeigen gebrachte Luftvolumen nach Eintritt in die freie Luft nur um etwa $\frac{1}{75}$ größer, was für den Anfangsunterricht nicht in Betracht kommt. War der Ballon am Heronsball mitgewogen (zuerst daneben liegend, dann aufgestreift), so zeigt der wagerecht auf die Schale der am Tischrande stehenden Wage gelegte Apparat nach Öffnen des Hahnes den Betrag der Vergrößerung des Luftauftriebes an, ähnlich wie das „Baroskop“ von Kropp (ds. Zeitschr. XIX 361).

3. In gleicher Weise, also ohne einen Teil der Aerostatik vorauszusetzen, können andere Gase abgewogen werden, am bequemsten unter Benutzung des freilich meistens nicht ganz reinen Inhaltes der Gasbomben. Den druckfesten, nicht zu schweren Heronsball unterzieht man mittels der Wasserdruckleitung einer Festigkeitsprobe (ds. Zeitschr. XVII 290) und trocknet ihn hierauf völlig aus. Die damit für den Wasserstoff im chemischen Unterricht zu gewinnende Zahl ist überaus wichtig. Hinsichtlich der gefahrlosen Füllung aus der Bombe sei bemerkt, daß man bequem einen starkwandigen Gummischlauch (keinen Druckschlauch ohne seitlichen Anschluß an ein Manometer) verwendet, für den eine Probe ergab, daß er durch einen im Heronsball noch zulässigen Druck blasig wird. Man braucht dann nur bis zu diesem Kennzeichen am festgeschnürten Schlauche den Bombenhahn vorsichtig zu öffnen und darauf den Hahn am Heronsball abzustellen. Zur Ermittlung des vom Schlauche annähernd angezeigten Druckes kann eine Hochdruckwasserleitung dienen. Nach Abstellung des Tischhauptahnes schließt man an den einen, voll Wasser gelaufenen Druckschlauch das Druckrohr (Nr. 1 des Prospektes von G. Müller in Ilmenau), an den anderen hinter ein beliebiges Rohrstück den am Ende geschlossenen Schlauch an und öffnet den Tischhahn allmählich, bis die Wirkung eintritt. Nach erneutem Abschlusse liest man das verkleinerte Volumen im Druckrohre ab¹⁾.

4. Lehrreich sind ferner Wägungen eines durch verschiedene Gase gleichweit aufgeblähten Ballons. Bis zu etwa $1\frac{1}{2}$ l betragende Füllungen können auf gewöhnlichen feineren Wagen untersucht werden; die Ballons sitzen genügend fest, wenn man sie zwischen die Drahtarme einer Schale einklemmt. Größere Ballons kann man meistens auch an den Schalenhaken nach vorn zu anhängen. Auf diese Weise wiederhole man den Versuch des

¹⁾ Bei Verwendung einer Wage im Unterricht, die cg ablesen, mg abschätzen läßt, wird man das Verfahren Ohmanns verwenden; ds. Zeitschr. XIII 7.

Aristoteles, indem man die geringe Gewichtszunahme nach dem Aufblähen erkennen läßt. In einer Klasse physikalischer Neulinge zeigen die auf vorheriges Befragen erhobenen Hände eine Teilung in zwei Lager hinsichtlich des zu erwartenden Versuchsergebnisses; allerlei Vorurteile, die man am liebsten auch erführe, sprechen dabei mit, selbst das naive Zusammenwerfen von Auftrieb mit Aufblähen oder die für unvermeidlich gehaltene Eigenschaft eines Ballons voll Luft, auch zu steigen. Dies berichtigt der Versuch. Es sei erwähnt, daß man zur eigenen Orientierung für sich selbst vor der chemischen Wage schnell einige Erkundungsversuche machen kann, die über das geringe Andauern der Auftriebszunahme nach Anfassen des Ballons mit den Fingern oder über die Wirkung nicht zu ferner Lichtflammen belehren, die bei herabgelassener Glasscheibe fast ganz beseitigt ist.

5. Für verschiedene Lehrstufen sind nun Wägungen von Ballons zweckmäßig, die nacheinander mit trockner und mit feucht gesättigter Luft gleichweit aufgebläht sind. Zu allen Wägungen von Ballons erwies sich die „Senkwage mit Zentigrammspindel“ (ds. Zeitschr. XIX 10) als besonders gut verwendbar. Gleich auf dem oberen Schälchen lassen sich bequem zwar nur mit leichteren Gasen gefüllte Ballons nach bekannter Beschwerung des Glasstöpselchens abwägen; wider Erwarten gelingt es aber vorzüglich, schwerere Ballons mittels eines quer über das obere Schälchen gelegten sanft gebogenen Drahtes der Senkwage aufrufen zu lassen. Den Draht versieht man in der Mitte mit mehreren nahen, nach unten konvexen Ausbuchtungen, auf deren zweien er je nach der Belastung durch den Ballon stabil auf dem Schälchen liegt. (Fig. 1.) Der Draht muß mit seiner kleinen Belastung (Ballon und ein Gegengewicht von Bleidraht) zusammen aufgelegt werden. Mit Hilfe der Stücke des doppelten Gewichtssatzes beschwert man hierauf die Senkwage bis zum Einsinken der Spindel. Die Schwankungen und Drehungen des Ganzen kommen infolge der großen Luftdämpfung durch den Ballon schnell zur Ruhe, ohne daß die Beweglichkeit durch kleinste Kräfte beseitigt ist. Die Zehner der cg sind von jeder Seite her sofort erkennbar durch die ringsherum gehende Farbenskale.

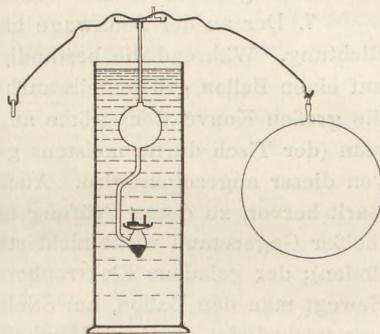


Fig. 1.

Das Gewicht des Ballons zeigt sich um eine Anzahl cg erhöht, wenn er vorher mittels des Gummiegebläses bis zum bestimmten Volumen aufgebläht wurde.

An Stelle des Umfangmaßes kann man auch zur Erkennung gleichweit getriebenen Aufblasens einen Ring aus Karton oder einen Bindfadenkreis umlegen und eventuell wieder etwas Luft herauslassen. Den inneren Überdruck erfährt man durch Aufschieben des inzwischen mit den Fingern zugeführten Ballonhalses auf das spitze Rohrende eines Quecksilbermanometerchens. Es war schon erwähnt, daß bei gebrauchten dünnen Ballons der innere Überdruck nahezu 1 cm Quecksilbersäule beträgt. Es kommt dann auf jedes l des Balloninhaltes ein Übergewicht von 1,6 cg. Von Wichtigkeit ist nun ein Vergleich der Übergewichte nach Einpressen von Luft, die durch einen Trockenturm mit Schwefelsäure strich, und solcher, die mittels einer Waschflasche mit Feuchtigkeit versehen war. Hierbei darf natürlich kein Wasser mit in den Ballon getrieben werden; es genügt, das Einströmungsrohr der Waschflasche nur bis an die Oberfläche des Wassers herabzuschieben. Die meistens von den Schülern nicht erwartete Gewichtsabnahme des Ballons durch Anfeuchten der eingepreßten Luft beträgt nach der Berechnung 0,9 cg pro l. Bei zahlreichen Versuchen wurde dieser Nachweis des geringeren Gewichtes von Wasserdampf sicher erbracht. Man kann die Bemerkung anschließen, daß die Sättigung von Luft damit einen Auftrieb von $\frac{1}{50} \cdot \frac{3}{8}$ des Luftgewichtes ($\frac{3}{4}\%$) hervorruft, der durch eine Abkühlung der Luft von Zimmerwärme um 2 Grad mehr als ausgeglichen wird. Für 40° C. beträgt die Gewichtsabnahme infolge von feuchter Sättigung aber schon 2,7% und muß ein Aufwärtssteigen innerhalb von trockner Luft hervorrufen, die um etwa 8 Grad wärmer ist. Wenn-

gleich in und um Oasen einer Wüste die Luft weder völlig feucht gesättigt noch ganz trocken ist, so erklären doch wohl diese Verhältnisse die geringe abkühlende Wirkung von Oasen nach der nahen Umgebung hin.

Zum Nachweis des geringeren Gewichtes von Stickstoff kann man das Gas gleich aus dem Tubus einer größeren Glocke heraus in den Ballon befördern, nachdem der Sauerstoff mittels Phosphors entfernt war. Luft aus der Lunge kann mittels einer langen, kondensierenden, schräg aufwärts gehaltenen Röhre direkt in einen Ballon geblasen werden, den man nachher wieder leer zurückwägt, da auch in ihm bei einem Versuche etwa 2 cg Wasser zurückblieben. Für ein gleiches Abwägen von Luft aus großen Gefäßen, in denen Flammen erloschen, ist die Diffusion brennbarer Gase aus der Flamme heraus zu beachten, auf die ein Versuch Ohmanns hinwies (ds. Zeitschr. XIII 335). Ein Drahtnetzkorb voll glühender Kohlen macht die abgeschlossene Luft ohne solche Ausströmungen (und Wasserbildung) schwerer.

6. Solche in einem Ballon eingeschlossenen Gase liefern bei Anschluß an Waschflaschen mit Reagentien mittels Quetschhahnes vorzüglich regulierbare Gasströme. Zimmerluft kann man langsam aus dem damit aufgeblähten Ballon zum Nachweis der Kohlensäure durch Barytlösung leiten, wobei kein störendes Geräusch entsteht wie beim Anlassen der Strahlpumpe zum Ansaugen. Mit Luft aus der Lunge experimentiert man ähnlich, ohne daß Übersprudeln des Kalkwassers erfolgt, oder der Lehrer selbst einige Zeit damit verbringt. Zugleich hat man den Vorteil, daß das mit dem Umfangmaß bestimmte Luftvolumen sich vor den Augen der Schüler befand.

7. Der an der Senkwage hängende Ballon ist überaus leicht beweglich in wagerechter Richtung. Während die beständigen kleinen Wogen der Zimmerluft sich in ihrer Wirkung auf einen Ballon größtenteils aufheben, zeigt dieser überall im Zimmer (wie auch am Faden) die großen Konvektionsströme an, die indessen in der Zimmermitte gering sind. Hier zeigt man (der Tisch dürfte meistens geeignet stehen), daß der mit der Hand gestreifte Ballon von dieser angezogen wird. Auch unbeabsichtigt tritt meistens diese hübsche Erscheinung stark hervor, zu deren Prüfung man sich die Mittel von den Schülern angeben lassen kann (heißer Gegenstand wirkt nicht stärker; das Elektroskop läßt die berührten Stellen am Ballon finden); der geladene Elektrophordeckel zieht stärker an, ein negativer Körper stößt ab¹⁾. Bewegt man den Ballon, am Stiele zugreifend, einige Augenblicke hoch über einer Flamme, so verschwindet die Anziehbarkeit. Streifen mit einem Seidentuche verstärkt sie.

8. Durch eine Gummimembran diffundieren Gase nach anderen Gesetzen als frei und durch poröse Platten. Die Diffusionsgeschwindigkeit hängt dabei nicht allein von der Geschwindigkeit der molekularen Bewegung, sondern wesentlich auch von dem Grade der Löslichkeit oder Absorption des Gases durch den Stoff der Membran ab. Die Diffusion durch Gummi demonstriert die für biologische Vorgänge so bedeutungsvolle Gasdiffusion durch dichte, durchfeuchtete Membranen. Nur selten nimmt der Unterricht wohl bisher auf die letztere Art der Diffusion Rücksicht, trotzdem sie für das Leben viel bedeutungsvoller ist als die freie Gasdiffusion, die höchstens bei der Zimmerventilation durch trockne Wände für die Praxis in Betracht kommt. Da nun eine Behandlung biologischer Dinge wohl vorläufig in den meisten Oberklassen höchstens in Physik und Chemie möglich ist, so dürften einige Versuche, die die Vorgänge bei der Atmung dem Verständnis näher bringen, hier am Platze sein.

Ein Gummiballon wird mit Zimmerluft so weit aufgebläht, daß eine in einem größten Kreise liegende Fadenschlinge ringsherum gerade anliegt. Man sieht dann die größere Diffusionsgeschwindigkeit der im Vergleiche zu Luft in Kautschuk löslicheren Kohlensäure im Verlaufe einer Lehrstunde sehr deutlich, wenn man den Ballon in ein großes

¹⁾ Ein kleines Stück Siegellack zieht infolge der Größe der genäherten Hand natürlich an. Ein Schüler schlug erfolgreich vor, das Stückchen Siegellack an einem Zwirnsfaden herabhängen zu lassen und nach dem Reiben dem Ballon zu nähern.

Glasgefäß legt, in das man Kohlensäure aus der Bombe einleitet. Zum Zudecken kann man die Gummiplatte des Luftpumpentellers und darüber einen ebenen Gegenstand benutzen. Nach einer Viertelstunde ist das Hervorwölben der Ballonhälften zu beiden Seiten des Bindfadens deutlich erkennbar. Die zwei Spiegelbilder eines Fensters oder einer Lichtflamme weichen langsam in den beiden konvexer werdenden Hälften weiter vom Faden ab, und gegen Ende der Stunde ist der vergrößerte Ballon mit einer tiefen Einschnürung versehen. Streift man den Faden ab, so ergibt die Nachmessung, daß das Volumen des Ballons in einer Stunde bis auf etwa das Anderthalbfache zugenommen hat. Am genauesten liefert die Waage die Menge der eingedrungenen Kohlensäure; ein l des Gases würde den Ballon bei Zimmerwärme um 0,64 g schwerer machen. Natürlich geht auch die große Diffusionsgeschwindigkeit der Kohlensäure aus dem allmählichen Zusammensinken eines mit dem Gase gefüllten Ballons in der Zimmerluft hervor; wegen des verschwindend geringen Partialdruckes des Gases in der letzteren ist hierbei der Durchgang der Kohlensäure noch schneller als bei dem ersten Versuch, wo das Gas sich allmählich auf der anderen Seite der Membran anhäuft. Durch einen Ballon von 4 l traten pro Stunde mehr als 2 l des Gases hindurch. Die Gesetze dieser Membrandiffusion lassen sich, wie hier nicht ausgeführt zu werden braucht, besser durch den ersten Versuch erläutern, bei dem die Kohlensäure dem inneren Überdruck entgegen in den Ballon so viel schneller eindringt, als die Luft herausgelangt. Ein Vergleich der Wirkung der Gummihaut mit den Lungenalveolen belehrt über die infolge Dünneheit (ca. 4μ) und Ausdehnung (ca. 60 qm beim Erwachsenen) der Haut der letzteren viel größere Diffusion; beim Erwachsenen sind pro Stunde 18 l Kohlensäure zu entfernen.¹⁾ Der Unterschied zwischen beiden Vorgängen, daß in den Häuten des Körpers die Gase in den durchtränkenden Flüssigkeiten, bei dem Versuch im Kolloidstoffe selbst gelöst sind, kommt für das Verständnis der Erscheinung nicht in Betracht.

9. Nicht ganz so schnell wie Kohlensäure wandert der Wasserstoff durch Gummi hindurch, wenn ein Gefälle des Partialdruckes vorhanden ist. Daß das baldige Entweichen der Füllung eines Wasserstoffballons nicht auf Heraustreten durch kleine Öffnungen, sondern auf Membrandiffusion beruht, zeigt ein dann leicht anzustellender Versuch, wenn eine genügend große Glocke verfügbar ist, die in eine Schale hineinpaßt. Durch das U-Rohr (Fig. 2) wird die Glocke mit Wasserstoff gefüllt, nachdem man einen mit Luft bis zum Anliegen des Fadens gefüllten Gummiballon mittels eines im Stöpselchen festgesiegelten Drahtes, vom Ende des U-Rohres gehalten, unter der Glocke angebracht hatte. Zum Abschluß des Gases enthält die Schale Wasser. Nach einer Stunde ist auch dieser Ballon tief eingeschnürt; sein Volumen nimmt um etwa $\frac{2}{5}$ zu. Erwähnt sei, daß ein mit Wasserstoff gefüllter Ballon in Kohlensäure in 2 Stunden sich von 1 l bis auf 1,2 l vergrößerte²⁾.

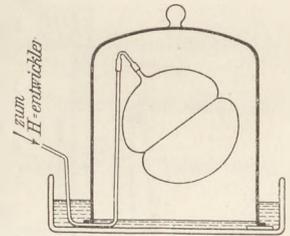


Fig. 2.

10. Die Demonstration der Membrandiffusion, wie sie bei der Atmung stattfindet, mittels Gummiballons wird dadurch vervollständigt, daß man auch leicht das im Vergleich zu Stickstoff größere Durchdringungsvermögen des Sauerstoffes vorführen kann.³⁾ Ein Ballon voll Stickstoff mit Fadenschlinge läßt in reinem Sauerstoff die Volumzunahme durch Entstehen der Einschnürung wohl erkennen; in einer Lehrstunde ist die Veränderung indessen nur gering, da Sauerstoff erheblich langsamer durch Gummi wandert als die vorausgehend erwähnten Gase. Deutlicher wird es, wenn im chemischen Unterricht der Inhalt eines Wasserstoffballons einige Stunden nach dem Füllen mittels des bequemen eudiometrischen

¹⁾ Einen Vorlesungsversuch über diese Diffusion der Kohlensäure mittels Glocken, die mit Gummimembran bespannt sind, enthält auch die Untersuchung von L. Grunmach, *Phys. Zeitschr.* VI 795.

²⁾ Aufblähen eines Ballons mit Luft in Wasserstoff, kenntlich gemacht mittels einer Fadenschlinge, finde ich aus Violle, *Lehrb. d. Phys.*, angegeben in Hahn, *Freihandversuche II* 259.

³⁾ Daß Sauerstoff schneller als Stickstoff durch Kolloidmembran hindurchwandert, wurde seinerzeit festgestellt. *Sitz.-Ber. der naturw. Ges. Isis zu Dresden*, 1904, S. 26.

Verfahrens untersucht werden kann. Zunächst sei bemerkt, daß man aus dem Gewichte eines halb zusammengefallenen Wasserstoffballons, seinem Leergewicht, sowie dem noch vorhandenen Volumen (Umfangmaß) sofort annähernd die noch vorhandene Wasserstoffmenge erhält. Ein Ballon enthält auf je 1,1 g, die er weniger als in leerem Zustande wiegt, noch 1 l Wasserstoff; das übrige Gas in ihm sind Luftbestandteile, die ja nur wenig an Gewicht verschieden sind. Der eudiometrische Versuch zeigt nun, daß im Wasserstoffballon, der seine Steigkraft verlor, außer einem Reste des leichten Gases, Luft mit verhältnismäßig hohem Sauerstoffgehalte sich befindet. Ein dünnwandiger Ballon, der nicht mit Lackfirnis überstäubt war, ist nach 5 Stunden nicht selten mehr als halbvoll reinen Knallgases; der Rest ist Wasserstoff und Stickstoff, woraus sofort ersichtlich ist, daß Sauerstoff schneller die Membran durchwandert als der viermal so reichlich in der Luft vorhandene Stickstoff. Auch die elektrische Pistole läßt nach Füllen mit dem Inhalte solcher herabgefallenen Luftballons an der Heftigkeit der Explosion die Erscheinung der schnelleren Membrandiffusion des Sauerstoffes deutlich erkennen; ebenso zeigt es die helle Explosionsflamme im Eudiometer. Es kommt nur darauf an, die günstige Zeit für den hübschen Versuch nicht zu verpassen. Denn nach einigen Stunden ist fast aller Wasserstoff entwichen, so daß nur noch der höhere Sauerstoffgehalt mittels Absorptionsanalyse erkannt werden kann, der dann auch bald verloren geht, da der Partialdruck dieses Gases innen größer als außen ist. Es kann nur empfohlen werden, sich über die Diffusionsverhältnisse einer Ballonsorte durch Erproben (Abwägen) des Wasserstoffgehaltes einige Stunden nach dem Füllen zu unterrichten und darnach 3–5 Stunden vor dem Unterricht dieses vorzunehmen, eventuell mit Hilfe des Schuldieners, der nur das abgewogene Zink in eine Entwicklungsflasche mit Säure zu schütten und den bereit liegenden Kork mit 20 cm langem spitzen Glasrohr und angestreiftem Ballon aufzusetzen braucht.

Zum Einbringen des Gases ins Eudiometer verwendet man gut das gebogene enge Rohr der Figur 3, an das außen der Ballon mit zugeprägtem Halse aufgestreift wurde, während

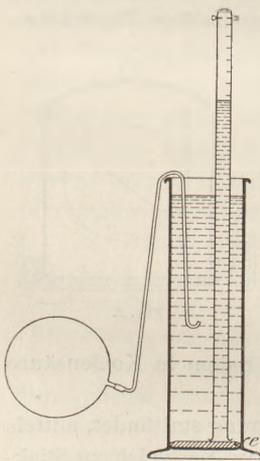


Fig. 3.

durch Anheben bis zu einer geringen Wasserdruckhöhe das Gas heraus und ins Eudiometer hineinperlen kann. Nach der Explosion¹⁾ einer Menge des Ballongases ergibt sich aus der Volumabnahme das Volumen des vorhandenen Sauerstoffes. Im Reste bestimmt man die Wasserstoffmenge durch eine anschließende Explosion nach Einleiten eines Überschusses Sauerstoff aus der Bombe. Zieht man allen verschwundenen Wasserstoff und den zuerst entfernten Sauerstoff vom abgemessenen Gasvolumen ab, so erhält man die in der Probe vorhandene Stickstoffmenge, die bei vielen Versuchen nicht ganz das Doppelte der Sauerstoffmenge betrug. Den hohen Prozentsatz von etwa 42% Sauerstoff in dem außer Wasserstoff oder Kohlensäure im Ballon noch vorhandenen Gase, den Graham bei solchen Versuchen fand, wird man wohl selten erreichen. Ebenso wie in andere Gase dringt Sauerstoff natürlich verhältnismäßig schnell durch Kautschuk in ein darunter befindliches Vakuum hinein, leider zu langsam, um in dieser Weise sauerstoffreichere Luft gewinnen zu lassen. Über die inter-

essanten Versuche Grahams in dieser Richtung mit „Luftdialysatoren“ vgl. *Pogg. Ann.* 129, 549, 1866.

Den Bezug brauchbarer Ballons ermöglicht die Firma M. Kohl in Chemnitz (s. Sonderprospekte). Nach längerem Nichtgebrauch blähe man Ballons mit Luft (Gummigebläse) zunächst etwa halb auf, lasse sie so liegen und verstärke nach geraumer Zeit die Spannung. Ein Ballon gewöhnt sich gleichsam wieder an die Arbeit.

¹⁾ Bei der Explosion gewährt eine auf dem Boden des Zylinders liegende Scheibe *e* aus Sohlenleder, gegen die man die Eudiometeröffnung andrückt, sehr bequem den vor Gasverlusten schützenden Abschluß und Schutz gegen zertrümmerndes Aufprallen. In der Pfingstversammlung d. J. konnte der von Herrn Grimsehl nach Dresden mitgebrachte Ebonitstabkondensator zur Zündung benutzt werden.

Zur Frage des Unterrichtes der Studierenden der Physik an den Universitäten.

Von

H. Koenen in Münster i/W.

Von verschiedenen Seiten ist in jüngster Zeit in dieser Zeitschrift an der gegenwärtigen Methode der Ausbildung der Lehramtskandidaten in der Physik an den Universitäten Kritik geübt worden. Weiter haben eine Reihe von Hochschullehrern über die Kurse und Vorlesungen berichtet, die sie zur Abhilfe oder Vermeidung dieses gerügten Mangels veranstalten; die Unterrichtskommission der Naturforscherversammlung hat die Frage in Angriff genommen; die gleiche Frage ist für Dresden vom Verein zur Förderung des Unterrichtes in der Mathematik und den Naturwissenschaften auf die Tagesordnung gesetzt, und endlich hat kürzlich K. T. FISCHER die Denkschrift veröffentlicht, die er für die Unterrichtskommission ausgearbeitet hat. Es darf daher wohl behauptet werden, daß die Angelegenheit akut geworden ist und vielleicht bei dem Zusammenwirken so vieler Faktoren in irgend einer Weise zu einer allgemeineren Regelung geführt werden wird. So scheint es mir nützlich, daß jeder, der Gelegenheit hatte, Erfahrungen in dieser Sache zu sammeln, sie als Material für die allgemeine Diskussion beisteuert.

Ich möchte dies in den folgenden Zeilen in Kürze tun, und zwar möglichst ohne theoretische Erörterungen, und ohne zu den Einzelheiten des — mir sehr sympathischen — Fischerschen Vorschlages Stellung zu nehmen, da mir dies noch verfrüht erscheint. Ich selbst habe bereits 1902¹⁾ an der gegenwärtigen Ausbildung der Lehramtskandidaten in einer Weise Kritik geübt, die ich auch heute im wesentlichen noch für zutreffend halte, und habe auch in groben Zügen ein Programm für die Abhilfe aufgestellt. Die vier Hauptpunkte dieser Vorschläge, die ganz in den allerdings viel weiteren Rahmen der Vorschläge FISCHERS hineinfallen, waren die folgenden:

1. Ausgestaltung des Physikunterrichtes durch Einrichtung von Kursen in Demonstrationsexperimenten.
2. Angliederung historisch-kritischer Belehrung in Gestalt von Vorlesungen oder im Anschluß an die genannten Übungen.
3. Veranstaltung dieser Übungen an den Universitäten, nicht nur an den Seminaren der Schulen.
4. Einfügung der Teilnahme an denselben Kursen in die Prüfungsordnung als ebenso unerlässlich für die Zulassung zum Examen pro facultate docendi wie die Teilnahme am „kleinen Praktikum.“

Eine Begründung dieser Thesen habe ich bereits a. a. O. gegeben und verweise darauf, wenn auch jetzt noch Wesentliches zuzufügen wäre. Als eine weitere These, die einen wichtigen und, soviel ich sehe, bisher noch nicht genügend hervorgehobenen Punkt berührt, möchte ich noch hinzufügen:

5. Reorganisation des Assistentenwesens; Zuziehung von Oberlehrern im Nebenamt mit Entlastung im Stundenplan als Assistenten zu den Kursen, wo die Verhältnisse dies gestatten.

Sobald die Umstände es mir erlaubten, habe ich zuerst in Bonn, zusammen mit EVERSHEIM, dann allein hier in Münster die beiden ersten Punkte zu realisieren gesucht. Daß sich die Ausführung dabei in den Hauptpunkten mit dem Verfahren anderer berührt, liegt auf der Hand und ist in der Natur der Sache begründet. Ich darf es daher auch wohl unterlassen, jedesmal hinzuzubemerkem, wer von den anderen Universitätslehrern es gerade so macht. Zur Richtschnur wurden die folgenden Gesichtspunkte genommen.

1. Beschränkung auf die geringste mögliche Stundenzahl bis zur Erfüllung der Thesen 4 und 5.

¹⁾ Zeitschrift für lateinlose höhere Schulen 14, 1902.

2. Kein bloßer Handfertigungsunterricht; stete Verbindung mit der Vorführung und Erläuterung von Demonstrationsversuchen.
3. Benutzung von fertigen neben den selbsthergestellten Apparaten.
4. Kein starres Programm; langfristige neben extemporierten Aufgaben.

Bei der Ausführung des Planes wurde ich von den Herren Institutsdirektoren und Kuratoren in Bonn und Münster in weitgehendster Weise unterstützt. Es seien nur die Verhältnisse in Münster geschildert. Hier wirkten der Kurator der Universität, der Direktor des Physikalischen Instituts (Prof. HEYDWEILLER) und das Königliche Provinzialschulkollegium zusammen. Das letztere (Prov.-Schulrat Prof. NORRENBERG) regte auch gleichzeitig die Einrichtung von chemischen Unterrichtskursen an, über welche mein Kollege THIEL berichten wird. Für das physikalische Praktikum wurde ein besonderer, reichlich großer Raum reserviert und mit Drehbank, Hobelbank, Glasblasetisch, Werkischen, Handwerkszeug aller Art ausgestattet. Die elektrische Einrichtung sowie weitere Anlagen wurden im Laufe des ersten Semesters von den Teilnehmern selbst ausgeführt, die auch sonst, z. B. durch den Bau von Widerständen für Starkstrom der verschiedenen Spannungen bis zu 440 V. allmählich zur Vermehrung der Hilfsmittel beitragen. Neben dem eigentlichen Arbeitsraume wird der kleine Hörsaal benutzt, der etwa wie ein Schul-Physikzimmer mittlerer Beschaffenheit eingerichtet ist. Die Kurse werden dreistündig angezeigt, jedoch nach Vereinbarung mit den Teilnehmern meist vierstündig abgehalten. Dies begegnet jedoch manchmal Schwierigkeiten, da bei vierstündiger Dauer Kollisionen mit obligatorischen Kollegien oft nicht zu vermeiden sind. Eine Zerlegung der Übungen in verschiedene Teile hat sich als unzweckmäßig erwiesen. Außer mir selbst ist der Mechaniker des Institutes stets anwesend. Es nehmen etwa 15 Herren an jedem Kursus teil, die meisten unter ihnen während zweier Semester. Unter den Teilnehmern waren stets auch einige von den Mitgliedern der hiesigen pädagogischen Seminare. Vor Beginn der Übungen werden eine Reihe von Büchern, die eigens zu diesem Zwecke beschafft sind und eine gesonderte Handbibliothek bilden, auf den Bänken des Hörsaals aufgelegt, und zwar, wenn möglich, mit Lesezeichen an den auf die Gegenstände der gerade in Aussicht genommenen Übungen bezüglichen Seiten. Außerdem werden die „pädagogischen“ Bücher und Zeitschriften an die Teilnehmer zum häuslichen Studium verliehen. Die Handbibliothek, die nach und nach ergänzt wird, umfaßt Schulbücher der verschiedensten Art, Lehrbücher, Werke über physikalische Technik, Varia (z. B. Boys Seifenblasen, populäre Vorträge), Schriften über physikalischen Unterricht und Zeitschriften.

Die Übungen bestehen aus einer 2–3 stündigen Vorbereitung und einer Stunde Vortrag. Das Thema wird entweder 14 Tage oder drei Wochen vorher dem einzelnen gegeben und mit ihm durchgesprochen, oder es wird zu Beginn der Übungen an die einzelnen verteilt und sogleich bearbeitet. Im Gegensatz zu anderweitig geäußerten Ansichten lege ich auf die unmittelbare Bearbeitung besonderen Wert. Es liegt ein sehr heilsamer Zwang in der Beschränkung der zur Vorbereitung dienenden Zeit. Außerdem hat der in der Praxis stehende Lehrer es durchaus nicht immer so gut, daß er 2 oder 3 Stunden auf die Vorbereitung eines Versuches verwenden kann. Öfter, als man es wünschen möchte, muß der zu demonstrierende Apparat unmittelbar vor dem Unterricht aus dem Schranke genommen werden! Auch sind die theoretischen Anforderungen, die an die Teilnehmer gestellt werden, durchaus nicht so unerschwinglich, daß dies ein Hindernis bieten könnte; im Gegenteil, der Leiter erhält auf diese Weise ein viel klareres Bild davon, wie es in den Köpfen der Praktikanten aussieht, und hat Gelegenheit, sich einen Begriff davon zu machen, was die jungen Herren anstellen werden, wenn sie über ein oder zwei Semester ihr Examen bestanden haben.

Ich richte es möglichst so ein, daß in jeder Demonstrationsstunde drei Praktikanten vortragen. Ausnahmsweise wird auch einmal ein längeres Thema gewählt. Der Vortragende hat die fraglichen Versuche vorzuführen und unter jedesmal bestimmt gegebenen Voraussetzungen zu erläutern¹⁾. Die Mannigfaltigkeit der Aufgaben ist natürlich unerschöpflich.

¹⁾ Zur Vermeidung von Mißverständnissen sei bemerkt, daß es sich dabei nicht um einen Vortrag nach Art eines Kollegs handelt.

Ich teile sie in reine Handfertigkeitssaufgaben, in Demonstrationssaufgaben und in Kursaufgaben. Die ersten bestehen in mechanischen Aufgaben, die von den allereinfachsten, z. B. Drehen einer Schraube, zu schwierigeren fortschreiten. Die zweite Klasse umfaßt alle sogenannten Vorlesungsexperimente einfacherer Art. Sie werden teils mit selbstgefertigten Instrumenten, z. B. Elektroskop, Galvanometer, teils mit zusammengestellten Apparaten, teils mit fertigen Apparaten ausgeführt. Dabei wird Rücksicht darauf genommen, daß im Laufe eines Semesters jeder der Anfänger einmal an jede der fundamentalen Handfertigkeitssübungen kommt, und daß im ganzen der Kreis der Fundamentalversuche der Experimentalphysik durchlaufen wird. Ferner werden, soweit als möglich, die aus der Praxis und besonders auch die in dieser Zeitschrift neu angegebenen Versuche nachgemacht. Zur dritten Art gehören Übungen zum Schülerpraktikum. Bei diesen hat der Betreffende, wenn möglich, mehrere Apparate derselben Art herzustellen und von den anderen Herren unter seiner Leitung zu Versuchen benutzen zu lassen. Auch hierbei werden möglichst auch neue Vorschläge berücksichtigt.

Die Verteilung unter die Praktikanten erfolgt nach individuellen Rücksichten. Ich scheue mich dabei auch nicht, wenn geeignete Herren da sind, das Thema in der Weise zu stellen, daß für die Erläuterung und Anordnung der Versuche die Voraussetzungen einer ganz bestimmten Schulart oder Unterrichtsstufe gegeben werden, z. B. in Anlehnung an ein bestimmtes Lehrbuch. Wo dies nicht geschieht, hat der Vortragende jedesmal anzugeben, was er als bekannt voraussetzt. Nach Beendigung der Versuche, die der Vortragende während der Ausführung erklärt, auf deren Einzelheiten er aufmerksam macht, und bei welchen er angeben kann, was er etwa noch besonders betonen würde, oder auf welche Weise er versuchen würde, es dem Verständnis seiner Zuhörer näher zu bringen, soweit seine Auseinandersetzungen dies nicht unmittelbar erkennen lassen, wird eine Besprechung veranstaltet, bei welcher zuerst die Praktikanten das Wort ergreifen — dies letztere geschieht auch meist in durchaus befriedigender Weise. Den Abschluß macht eine zusammenfassende Kritik des Leiters. Wo die Gelegenheit dies gestattet, wird hierbei neben der Technik der Versuche und Erläuterungen und den anderen regelmäßig wiederkehrenden Punkten besonders die historische Entwicklung der zur Anschauung zu bringenden Begriffe mit herangezogen. Über die Versuche wird ein Journal geführt; die fertigen Apparate werden, soweit das Material es gestattet, aufbewahrt.

Was die Erfahrungen betrifft, die ich mit dieser Disposition gemacht habe, so sind sie durchweg günstig. Der Eifer der Teilnehmer läßt nichts zu wünschen übrig, und man kann beobachten, wie die meisten erfreuliche Fortschritte machen, sowohl was die Technik der eigentlichen Experimente, wie was die Fähigkeit betrifft, sie zu erläutern und den Zuhörer zur Beobachtung anzuleiten. Allein nicht dies allein, auch die Kenntnisse in der Physik werden in erheblichem Maße gefördert. Man verwundert sich stets wieder aufs neue, in diesen Kursen zu sehen, wie unglaublich unklar und lückenhaft die Kenntnisse in der Physik bei vielen Studierenden — gleichviel von welcher Universität sie kommen — auch nach dem Besuch der Experimentalvorlesungen und der Teilnahme am kleinen Praktikum, selbst am Ende ihrer Studienzeit, ja oft noch nachher sind; denn die Anstellung und Erläuterung von Demonstrationsexperimenten ist ein viel feineres Reagens als das mündliche Examen. Man sieht häufig, daß den Teilnehmern diese Sachlage erst bei ihren eigenen Vorträgen zum Bewußtsein kommt, und daß dies für sie der Anlaß wird, ihre Studien zu vertiefen und selbständig über die Versuche nachzudenken. So möchte ich den Demonstrationskursen auch einen allgemeineren Nutzen für das Physikstudium zuschreiben.

Über die zum Teil recht interessanten Erfahrungen, die man beim Anstellen mancher Experimente — unter anderem auch neu empfohlener — sowie beim Schulpraktikum mit Studenten machen kann, möchte ich ein anderes Mal berichten.

Genug, daß meiner Erfahrung nach diese Kurse auch für den Leiter eine Fülle von Anregung bieten, manchmal allerdings ihn auch zu nachdenklichen Betrachtungen führen.

Dabei darf nicht vergessen werden, daß das Praktikum, wenn in der beschriebenen

Weise intensiv betrieben, für den Leiter eine sehr aufreibende Tätigkeit ist, wenn er keine erfahrene Assistenz hat. Ich möchte daher zum Schlusse auf die beiden bereits erwähnten Punkte zurückkommen und — wieder in sachlicher Übereinstimmung mit Fischer — hervorheben, daß eine Ausdehnung und weitere Gestaltung dieser Kurse nur durchführbar sein dürfte, wenn dem betreffenden Dozenten auf andere Weise Entlastung gewährt wird, und wenn man ihm besondere Hilfsmittel und Assistenz beschafft. Überall, wo dies nicht durchführbar ist, und wo nicht eine große Anzahl von Dozenten es ermöglicht, eine weitgehende Arbeitsteilung eintreten zu lassen, dürfte der Rahmen der Experimental-kurse nicht wesentlich über das hier geschilderte Maß erweitert werden können. Es ist aber meine Überzeugung, daß auch in diesem bescheidenen Rahmen bereits Gutes gewirkt werden kann, so daß ich es für den Notfall, unbeschadet weitergehenderer Vorschläge, empfehlen möchte, zunächst Kurse der geschilderten oder ähnlicher Art allgemein einzuführen.

Münster i/W., Physikalisches Institut der Universität.

Elektrizitätserregung durch Reibung von Wasser an Paraffin.

Von

Dr. C. W. Lutz.

(Mitteilung aus dem Erdmagnetischen Observatorium zu München.)

Es ist bekannt, insbesondere durch die Untersuchungen von FARADAY¹⁾, daß bei Reibung kleiner Wassertröpfchen an festen Körpern Elektrizitätserregung eintritt, und zwar wird dabei das Wasser stets +, der geriebene Körper (Metalle, Glas, Schwefel, Holzkohle etc.) — elektrisch. Gelegentlich anderer Messungen²⁾ wurde ich darauf aufmerksam, daß festes Paraffin bei Reibung an Wasser stark elektrisch wird. Ich fand, daß sich diese, meines Wissens bisher unbekannte Eigenschaft des Paraffins zu einer Reihe höchst einfacher und, wie ich glaube, auch lehrreicher Demonstrationsversuche verwenden läßt, die im folgenden näher beschrieben werden sollen:

I. Versuche mit einem Paraffinstab.

Bei Reibung von Wasser an Paraffin wird das Wasser allemal +, das Paraffin — elektrisch. Wesentlich ist dabei, wie bei allen reibungselektrischen Versuchen, daß nach der Reibung eine Trennung der entgegengesetzt geladenen Körper stattfindet und ferner, daß die Oberfläche des Paraffins möglichst rein ist. (Durch oberflächliches Abschmelzen oder Abschaben leicht zu erreichen, am besten durch Eintauchen in flüssiges Paraffin.)

Durch einen einfachen Versuch läßt sich die erwähnte Erscheinung leicht nachweisen. Ein isoliert aufgestelltes Wassergefäß wird mit einem Elektroskope leitend verbunden. Eine Paraffinstange mit Metallgriff wird zuerst durch eine geerdete Flamme gezogen (eine einfache Zündholzflamme genügt), um eine etwa vorhandene Ladung zu entfernen, hierauf in das Wasser eingetaucht und wieder herausgezogen. Während des Herausziehens der Paraffinstange ladet sich das Wasser samt Gefäß und Elektroskop + auf, die Paraffinstange —. Das Metallheft, an welchem der Paraffinstab dabei gehalten wird, ist deshalb zweckmäßig, weil bei direkter Berührung des Paraffins mit der Hand leicht eine Ladung desselben durch Reibung an der Berührungsstelle eintreten kann.

Dieses einfache Experiment scheint mir als Demonstrationsversuch nicht ungeeignet, um das Wesentliche aller reibungselektrischen Erscheinungen zu zeigen. Wohl findet beim

¹⁾ M. Faraday, Experimentaluntersuchungen über Elektrizität; übersetzt von S. Kalischer, Bd. II, S. 96 ff., 1890.

²⁾ C. W. Lutz, Sitzungsberichte d. K. Bayer. Akademie d. Wissensch., math.-phys. Kl. 36, 507, 1906.

Eintauchen der Paraffinstange in das Wasser eine Reibung zwischen beiden Körpern statt, aber keine elektrische Wirkung nach außen, weil Reibzeug (Wasser) und geriebener Körper (Paraffin) nicht voneinander getrennt werden. Auch eine Vermehrung der Reibung durch Umrühren des Wassers mit der Paraffinstange hat aus dem gleichen Grunde keinen Erfolg. Erst wenn der Paraffinstab, gegen die Wirkung der elektrischen Kräfte, aus dem Wasser herausgezogen wird, wenn also, sogleich nach der Reibung, auch eine Trennung von Reibzeug und geriebenem Körper stattfindet, tritt ein Ladungseffekt auf.

Weiter läßt sich durch diesen Versuch zeigen, daß die erhaltenen Ladungen ihrem Vorzeichen nach entgegengesetzt, ihrer Menge nach gleich sind. Denn taucht man den in obiger Weise — elektrisierten Paraffinstab bis zur selben Tiefe wieder in das + geladene Wasser ein, so neutralisieren sich beide Ladungen vollkommen, der Ausschlag des Elektroskopes geht auf Null zurück. Dies ist nicht der Fall, wenn die Paraffinstange eine größere oder kleinere Ladung besitzt. Auch das läßt sich zeigen, indem man den Stab tiefer bzw. weniger tief als im vorhergehenden Versuche in ein zweites Gefäß einführt und nachher wieder in das wie oben + geladene erste Wassergefäß zurückbringt. Bei diesem Versuche ist ein Metallgriff an der Paraffinstange unerlässlich, weil sonst immer Störungen eintreten.

Endlich dürfte diese Art der Elektrizitätserregung für Vorlesungsversuche noch in anderer Beziehung einigen Vorteil bieten. Bei großer Feuchtigkeit der Luft gelingt es oftmals nur schwer, einen Glas- oder Hartgummistab durch Reibung zu elektrisieren. Eine Paraffinstange aber wird man durch einfaches Eintauchen in Wasser stets — laden und damit alle die Erscheinungen zeigen können, zu deren Vorführung man gewöhnlich einen Hartgummistab benutzt. (Laden eines Elektroskopes durch Influenz etc.)

II. Versuche mit einer Paraffinrinne.

Die leichte Beweglichkeit und Deformierbarkeit des Wassers legt den Gedanken nahe, den vorbeschriebenen Versuch umzukehren, d. h. den geriebenen Körper (Paraffin) festzuhalten und das Reibzeug (Wasser) sich dagegen bewegen zu lassen. Bei Ausführung dieses Gedankens bediente ich mich einer Paraffinrinne von sichelförmigem Querschnitte mit möglichst glatter und reiner Oberfläche. Zweckmäßig versieht man auch die Rinne mit einem senkrecht abstehenden Metallgriff.

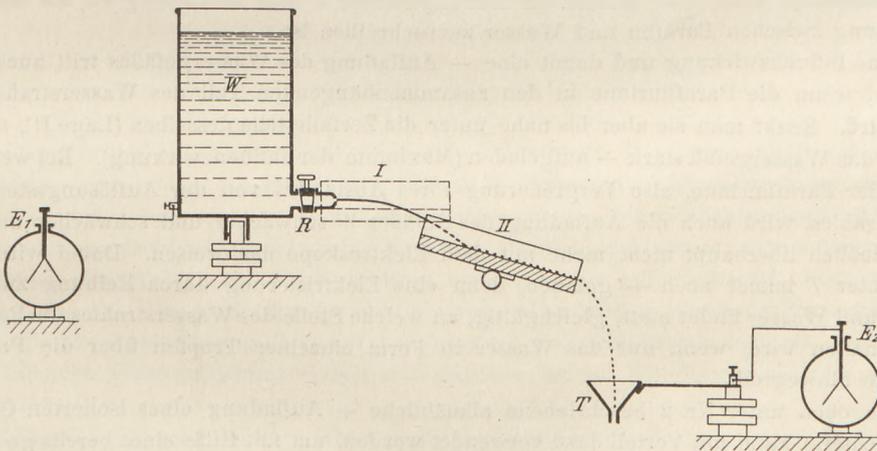


Fig. 1.

Die Versuchsanordnung war folgende: Ein isoliert aufgestelltes Wassergefäß W (Fig. 1) wird in der Nähe des Bodens mit einem seitlichen Rohr R versehen, das in eine feine Ausflußöffnung endigt. Der ausspritzende feine Wasserstrahl kann von einem ebenfalls isoliert gehaltenen Trichter T aufgefangen werden, an welchen wie bei einer Wasserinfluenzmaschine eine eventuelle elektrische Ladung abgegeben wird. Mit dem Wassergefäß W sowohl wie mit dem Trichter T wird je ein Elektroskop E_1 bzw. E_2 leitend verbunden.

Mit dieser Einrichtung läßt sich folgendes zeigen:

1. Wird die Paraffinrinne nahe an die Ausflußöffnung so gehalten (Lage I Fig. 1), daß das Wasser in Form eines zusammenhängenden Strahles in ihr hinabläuft, so erweist sich das abfließende und durch den Trichter *T* hindurchgeleitete Wasser vollkommen unelektrisch. Dies ist im vornherein zu erwarten, weil auch hier, wie bei dem auf S. 235 beschriebenen Versuche keine Trennung zwischen Reibzeug und geriebenem Körper stattfindet¹⁾.

2. Wird die ausfließende Wassermenge so weit verringert, daß bei derselben Lage I der Paraffinrinne nur einzelne Wassertropfen hinabrollen, so tritt ein deutlich nachweisbarer Ladungseffekt auf. Jeder die Paraffinrinne verlassende Tropfen erweist sich als + elektrisch und ladet den Auffangtrichter *T* ruckweise mehr und mehr + auf. Gleichzeitig zeigt auch das Elektroskop *E*₁ eine — Ladung des Wassergefäßes *W* an, die mit jedem sich losreisenden Tropfen vermehrt wird. Durch rasches Aufeinanderfolgenlassen der Wassertropfen gelingt es sogar, die Ladung von Gefäß *W* und Trichter *T* so zu steigern, daß von Zeit zu Zeit kleine Fünkchen daraus gezogen werden können.

Hier haben wir es gleichzeitig mit einem Reibungs- und Influenzvorgang zu tun, die beide im gleichen Sinne elektrisierend wirken. Der erste hinabrollende Wassertropfen ladet die Paraffinrinne —. Bei jedem nachfolgenden Tropfen findet eine Verteilung der Elektrizität durch Influenz statt. — Elektrizität wird durch die — geladene Paraffinrinne abgestoßen und nach dem Wassergefäße *W* und Elektroskop *E*₁ getrieben. + Elektrizität wird herangezogen und mit dem herabrollenden Tropfen dem Auffangtrichter *T* und Elektroskop *E*₂ zugeführt. In dem Maße aber, in dem sich das Wassergefäß *W* mehr und mehr — aufladet, wird die Spannungsdifferenz zwischen demselben und der — geladenen Paraffinrinne geringer und damit auch die Influenzwirkung. Leitet man nun das Wassergefäß zur Erde ab, so kann der Trichter *T* rascher und höher aufgeladen werden. Dies läßt sich tatsächlich durch den Versuch zeigen.

3. Daß die Elektrisierung des Wassergefäßes *W* lediglich eine Folge der Influenz ist, läßt sich, wenn es hier noch eines Beweises bedarf, leicht nachweisen. Schiebt man zwischen Paraffinrinne (Lage II Fig. 1) und Ausflußrohr *R* ein geerdetes Drahtnetz ein, durch welches hindurch die Wassertröpfchen fallen können und dann erst auf die Paraffinrinne treffen, so unterbleibt eine Aufladung des Wassergefäßes infolge der elektrostatischen Schirmwirkung des Drahtnetzes. Wohl aber nimmt der Auffangtrichter *T* eine + Ladung an, die lediglich der Reibung zwischen Paraffin und Wasser zuzuschreiben ist.

Eine Influenzwirkung und damit eine — Aufladung des Wassergefäßes tritt auch dann nicht ein, wenn die Paraffinrinne in den zusammenhängenden Teil des Wasserstrahles gehalten wird. Senkt man sie aber bis nahe unter die Zerfallsstelle desselben (Lage II), so wird sogleich das Wassergefäß stark — aufgeladen (Maximum der Influenzwirkung). Bei weiterem Senken der Paraffinrinne, also Vergrößerung ihres Abstandes von der Auflösungsstelle des Wasserstrahles, wird auch die Aufladung des Gefäßes *W* schwächer und schwächer und läßt sich schließlich überhaupt nicht mehr mit dem Elektroskope nachweisen. Dabei wird aber der Trichter *T* immer noch + geladen, denn eine Elektrisierung durch Reibung zwischen Paraffin und Wasser findet statt, gleichgültig, an welche Stelle des Wasserstrahles die Paraffinrinne gehalten wird, wenn nur das Wasser in Form einzelner Tropfen über die Paraffinoberfläche hinwegrollt.

Die oben unter Nr. 2 beschriebene allmähliche + Aufladung eines isolierten Gefäßes (oder Trichters) kann mit Vorteil dazu verwendet werden, um mit Hilfe eines bereits geeichten Elektroskopes andere zu eichen, ein Fall, der bei Reisebeobachtungen leicht eintreten kann. Man benötigt hierzu nur ein Wassergefäß mit Ausflußröhre (etwa einen Wassertropfkollektor), ein Stück Paraffin und ein kleineres Auffanggefäß (Blechdose, Konservenbüchse), das isoliert

¹⁾ Bei diesem Versuche darf die Ausflußöffnung nicht zu klein genommen werden, weil sonst leicht das abfließende Wasser auf der Paraffinrinne sich zu einzelnen Tröpfchen zusammenballt, und dann der unter 2. beschriebene Ladungseffekt eintritt.

(etwa auf ein zweites Paraffinstück) aufzustellen und mit den Elektroskopen zu verbinden ist. Die Ladung des kleineren Gefäßes und der damit verbundenen Elektroskope kann durch das über Paraffin tropfende Wasser allmählich gesteigert und die Zuführung der Elektrizität zwecks Ablesung des Skalenstandes beliebig unterbrochen werden. Ladet man das Auffanggefäß und die Elektroskope von vornherein — (etwa durch eine Zambonisäule), so läßt sich diese Ladung durch Zuführung der + elektrisierten Wassertropfen von einem Höchstwerte allmählich auf Null reduzieren. Eine derartige Eichstation, vorausgesetzt daß ein bereits ge-
eichtes Elektroskop vorhanden ist, wird sich, wenn nötig, wohl überall improvisieren lassen.

III. Eine Wasserelektrisiermaschine und eine selbstgehende Wasserinfluenzmaschine.

Die unter Nr. 2 S. 236 beschriebene Versuchsanordnung stellt im Prinzipie eine enge Verbindung einer Wasserelektrisiermaschine mit einer Wasserinfluenzmaschine dar. Die hierbei eintretende Elektrisierung läßt sich durch geeignete Konstruktion des Apparates leicht erhöhen. (Fig. 2.) Durch ein weites Paraffinrohr *R* fällt von einer Brause *B* ein Kranz von Wasserstrahlen *W* frei hindurch. Gleichzeitig spritzen gegen die Innenfläche des Paraffinrohres eine Reihe radialer horizontaler Wasserstrahlen *S* aus dem Ansatzrohr *r*. Hierdurch tritt eine Vervielfältigung des unter 2 erwähnten Ladungseffektes ein, und es lassen sich aus einem isolierten Auffangtrichter dauernd Funken ziehen.

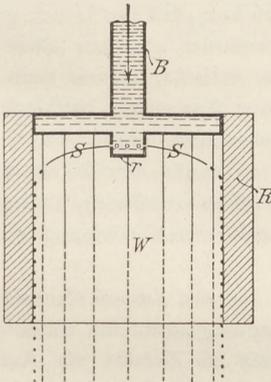


Fig. 2.

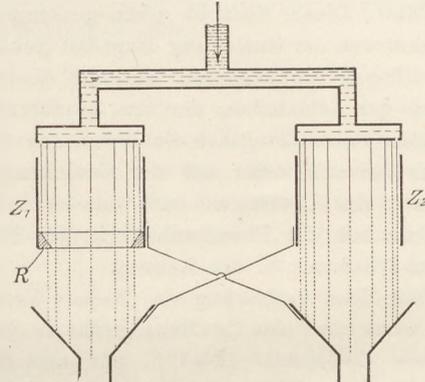


Fig. 3.

Die Möglichkeit, Wassertropfen durch Reibung an Paraffin + elektrisch zu laden, führt dazu, eine von selbst angehende Wasserinfluenzmaschine zu konstruieren. In Fig. 3 ist eine solche Maschine schematisch dargestellt. Bekanntlich müssen die älteren Wasserinfluenzmaschinen¹⁾ erst dadurch erregt werden, daß einem der influenzierenden Zylinder *Z*₁ oder *Z*₂ eine elektrische Ladung von außen her mitgeteilt wird. Erst dann geht die Maschine an. Das vorherige Laden fällt weg, wenn man in einen der Zylinder (in der Fig. 3 *Z*₁) einen Paraffinring *R* von trapezförmigem Querschnitte einsetzt, an dem sich die durchfallenden Wassertropfen reiben und damit + laden. Die Maschine erregt sich nunmehr selbst.

München, Erdmagnetisches Observatorium, Dezember 1906.

¹⁾ Eine sich selbst erregende Wasserinfluenzmaschine, bei welcher der „Zerspritzungseffekt“ verwendet ist, hat vor einigen Jahren auch A. Schmauß angegeben. (Ds. Zeitschr. XV 86; 1902.)

Kleine Mitteilungen.

Bemerkungen über neue Methoden zum Nachweis der Abnahme des Luftdrucks mit der Höhe¹⁾.

Von **F. Richarz** Marburg i. H.

Veranlassung zu diesen Bemerkungen gab mir die Demonstration des Apparates von Hefner-Alteneck an einem Exemplare, welches der Erfinder Herrn F. Kohlrausch, und dieser dem Marburger Institut zum Geschenk gemacht hat. Der Apparat ist bekannt und braucht nicht beschrieben zu werden²⁾ Dasselbe gilt von dem Demonstrationsverfahren von Herrn E. Warburg, bei welchem gezeigt wird, daß ein und dieselbe Gasflamme an einer höheren Stelle des Auditoriums befindlich mit größerer Flamme brennt als an einer tieferen. Auch der Versuch von Herrn U. Behn beweist die Abnahme des Luftdrucks mit der Höhe. Bei ihm brennen zwei Flammen in der Nähe der Enden eines horizontalen Zuleitungsrohres, zu gleichen Flammengrößen reguliert. Bei auch nur geringer Neigung des Zuleitungsrohres wird die höher befindliche Flamme bedeutend größer, die tiefere kleiner. Während indessen die Demonstrationen nach Hefner-Alteneck und Warburg direkte sind, beweist der Versuch von Herrn U. Behn die Abnahme des Luftdrucks mit der Höhe nur indirekt. Der Behnsche Versuch findet nämlich direkt seine Erklärung in dem Auftrieb, den das Leuchtgas zwischen der tieferen und der höheren Brenneröffnung durch die umgebende Luft erfährt. Dieser Auftrieb allein genommen würde bewirken, daß das Leuchtgas, welches sich in dem von der Gasleitung losgelöst gedachten Rohre befindet, nur zur höher gelegenen Brenneröffnung hinausströmt, während die untere Flamme erlischt, wovon man sich durch Abreißen des Schlauches, der das Zweibrennerrohr mit der Gasleitung verbindet, oder in den ersten Sekunden nach Schließen des Gashahnes überzeugen kann. Ist dagegen der Schlauch normalerweise mit der Gasleitung verbunden, so treibt der in ihr herrschende Überdruck das Leuchtgas auch an der tiefer gelegenen Brenneröffnung hinaus, und die Verschiedenheit der Flammenhöhe ist die Folge der superponierten Wirkung vom Auftrieb und vom Gasdruck in der Leitung.

Daß diese Auffassung von Behns Versuch zutrifft, beweist dessen Umkehr, die man erhält, wenn man das Zweibrennerrohr in Schlauch-Verbindung setzt mit einem Chloräthylfläschchen (Siedepunkt 11–12°), wie man sie zugeschraubt im Handel (als Anästhetikum) erhält. Die Dampfdichte des Chloräthyls C_2H_5Cl im Vergleich zu Luft beträgt $64:29 = 2,21$. Von den beiden Chloräthyl dampfflammen wird bei Neigung des Zweibrennerrohres die tiefer befindliche länger, die höher befindliche kürzer, weil Chloräthyl dampf nach unten fällt.

Kehren wir zu Behns Versuch mit Leuchtgas zurück. Der Auftrieb findet seine Erklärung in der Abnahme des Luftdruckes mit der Höhe; man denke nur an den Beweis des archimedischen Prinzips! Insofern ist auch der Versuch von Behn in der Tat beweisend für die Abnahme des Luftdruckes mit der Höhe. Aber in demselben Sinne ist auch das Aufsteigen einer mit Leuchtgas gefüllten Seifenblase beweisend dafür, daß an ihrer Oberseite der Luftdruck kleiner ist als an ihrer Unterseite; denn nur gerade dadurch resultiert der Auftrieb, welcher größer ist als das Gewicht des Leuchtgases plus Seifenblase.

Im Zusammenhang mit der Erklärung des Behnschen Versuches steht auch die Zunahme des Überschusses von Gasleitungsdruck über den äußeren Atmosphärendruck, wie er in den höher gelegenen Teilen von Gebirgs-Städten, wie der unserigen, sich gegenüber den niedrig gelegenen Stadtteilen stark bemerkbar macht. Diese Überschufzunahme macht sich übrigens an einem Wassermanometer bereits für die Höhendifferenz zwischen Keller- und Dachgeschoß eines mehrstöckigen Gebäudes sicher meßbar geltend. Aus ihr kann der

¹⁾ Nach den Sitz-Ber. d. Marburger Gesellschaft z. B. d. ges. Naturwiss. vom 11. Juli 1906, S. 124–127, mitgeteilt vom Verfasser.

²⁾ Man vergl. d. Zeitschr. IX 123; ferner E. Warburg, XIV 95, U. Behn XVI 132.

Dichtigkeitsunterschied zwischen Luft und Leuchtgas berechnet werden. Ich lasse diese prinzipiell instruktive Messung bereits seit 3—4 Jahren als Praktikum-Aufgabe ausführen. Ihre Auswertung gestaltet sich folgendermaßen. Es sei der Gasdruck an der oberen Stelle P_o , an der tieferen P_u , entsprechend sei der Atmosphärendruck p_o bzw. p_u . Die Höhendifferenz beider Stellen sei h (in cm). Mit dem Wassermanometer wird gemessen:

$$\begin{aligned} P_o - p_o &= \delta_o \cdot g \\ P_u - p_u &= \delta_u \cdot g, \end{aligned}$$

wo auch δ in cm auszudrücken und g die Schwerebeschleunigung ist. Nennt man σ_G die Dichtigkeit des Gases, σ_L die der Luft, bezogen auf Wasser = 1, so ist der aërostatistische Druck unten jedesmal gleich demjenigen oben, vermehrt um das Gewicht einer zwischenliegenden Gassäule vom Querschnitte 1; also:

$$\begin{aligned} \text{in der Gasleitung: } P_o + h \cdot \sigma_G \cdot g &= P_u \\ \text{und in der freien Atmosphäre: } p_o + h \cdot \sigma_L \cdot g &= p_u, \end{aligned}$$

woraus:

$$\begin{aligned} P_o - p_o - h \cdot g (\sigma_L - \sigma_G) &= P_u - p_u \\ h \cdot (\sigma_L - \sigma_G) &= \delta_o - \delta_u \\ \sigma_L - \sigma_G &= \frac{\delta_o - \delta_u}{h}. \end{aligned}$$

Indem man für σ_L die aus augenblicklichem Barometerstand und Lufttemperatur folgende Luftdichtigkeit einsetzt, erhält man für die Gasdichtigkeit selbst:

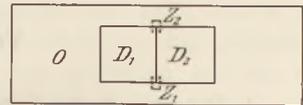
$$\sigma_G = \sigma_L - \frac{\delta_o - \delta_u}{h}.$$

Es ist mithin bei den fundamentalen Überlegungen sowohl für diese Messungen, als auch für den Behnschen Versuch die Druckabnahme mit der Höhe grundlegend, und insofern sind beide für letztere beweisend. Was aber für das Resultat maßgebend ist, sind die jedesmaligen Differenzen der Dichtigkeit des Gases im Rohre und der Luft außen.

Anfertigung von Interferenzprismen.

Von Dr. E. Maey, Remscheid.

Die meisten Fresnelschen Interferenzprismen sind deshalb für Demonstrationen nicht zu gebrauchen, weil der Winkel zwischen den beiden brechenden Flächen zu viel von 180° abweicht. Bei dem in der hiesigen Sammlung vorhandenen beträgt er ca. 175° , und daher kommen auf eine Breite von 1 mm gegen 40 Interferenzstreifen. Bei solcher Feinheit sind sie mit der Lupe kaum wahrzunehmen, geschweige denn zu zählen. Bei Benutzung stärkerer Vergrößerung mit dem Mikroskop aber wird das Gesichtsfeld sehr lichtschwach, besonders wenn man mit homogenem Licht Messungen vornehmen will. Da Prismen mit geeignetem Winkel schwer zu schleifen sind, hat Abbe¹⁾, um jene weit verbreiteten Prismen verwendbar zu machen, vorgeschlagen, sie während des Versuches in Benzolbecken mit parallelen Wänden einzutauchen, wodurch die zu starke Konvergenz der interferierenden Strahlen z. T. aufgehoben wird. Für Schulzwecke halte ich diese Anordnung für zu umständlich und will daher die, wie ich hoffe, manchem willkommene Mitteilung machen, wie jeder, der über die Materialien zu mikroskopischen Präparaten verfügt, sich brauchbare Interferenzprismen selber verfertigen kann. Die nebenstehende Figur mit Erläuterung erspart mir eine eingehendere Beschreibung.



O Objektträger, D_1 u. D_2 Deckgläser mit genau geraden Rändern, Z_1 u. Z_2 Zinnblättchen von ca. 0,1 mm Dicke.

¹⁾ A. Winkelmann, Über eine von E. Abbe vorgeschlagene Anordnung des Fresnelschen Doppelprismas; Zeitschr. f. Instrumentenkunde 22, S. 275—279, 1902.

Die Zinnblättchen werden zuerst aufgeklebt. Wenn sie fest geworden sind, wird der Zwischenraum zwischen Objekträger und Deckgläschen mit am besten in Chloroform gelöstem Kanadabalsam ausgefüllt. Dann drücke man sie vorsichtig auf den Objekträger und aneinander, damit der überflüssige Balsam an den Rändern hervorquillt. Das so gebildete Doppelprisma lasse man einige Tage stehen, bis der Balsam an den Rändern etwas erhärtet, und daher eine Reinigung von dem überflüssigen Balsam möglich wird. Da infolge des Eintrocknens sich häufig einige größere Luftblasen unter den Deckgläsern zu bilden pflegen, fülle man diese, solange die Deckgläser noch etwas verschiebbar sind, mit Balsam nach. Gleichzeitig Sorge man dafür, daß von den beiden aneinander stoßenden Rändern keiner den andern überragt.

Ein so vorbereitetes Prisma dürfte schon immer bei der ersten Benutzung wenigstens Spuren von Interferenzstreifen der beiden gebrochenen Wellen zeigen. Zur leichteren Unterscheidung von den gleichzeitig immer auftretenden Interferenzstreifen des an den Rändern gebeugten Lichtes sei hervorgehoben, daß diese Beugungsinterferenzen weniger scharf sind und ungleiche Abstände voneinander haben, während jene bei gleichen Abständen in auffallender Schärfe erscheinen. Nur ausnahmsweise werden sie aber schon sofort in geradem Verlauf die Mitte des Gesichtsfeldes durchziehen. Durch leichten Druck mit einer Präpariernadel auf dasjenige Deckglas, auf dessen Seite die Interferenzstreifen hinüberneigen, kann man sie meist leicht ihrer ganzen Länge nach während der Beobachtung in die Mitte des Gesichtsfeldes bringen. Sollte der Balsam schon zu zähe sein, um nachzugeben, so gelingt es nach gelindem Erwärmen. Dieses ist gleichfalls nötig, wenn man statt Kanadabalsam Glycerin-Gelatine benutzt. Um mich zu überzeugen, daß nicht zufällig besonders glücklich getroffenes Material den Erfolg bedingt, habe ich eine größere Zahl derartiger Prismen mit verschiedenem Material und Deckgläsern verschiedener Größe angefertigt, und zwar stets mit Erfolg. Auf jeden Fall empfiehlt es sich, zugleich mehrere mit verschieden großen Deckgläsern oder verschieden dicken Zinnblättchen herzustellen, da man auf diese Weise Prismen mit verschiedener Form und daher auch mit verschiedenem Abstand der Interferenzstreifen erhält.

Geschliffene Interferenzprismen, welche den oben erwähnten Übelstand aufweisen, sind aber neben jenen auch noch zu verwerten. Zur Beobachtung der leuchtenden Prismenkante, also einer Beugungserscheinung, auf die ich im 17. Jahrgang dieser Zeitschrift S. 15 unten aufmerksam gemacht habe, verdienen sie wegen der größeren Schärfe der Prismenkante den Vorzug.

Da auch die verstellbaren Interferenzspiegel meist versagen, so sei hier auch empfehlend auf die Selbstanfertigung von Interferenzspiegeln hingewiesen, für die wir in dem Lehrbuche von Müller-Pouillet ein unfehlbares Rezept finden. Es sei aber dazu bemerkt, daß auch zu diesem die Verwendung eines guten Objekträgers statt einer Spiegelglasplatte genügt.

Versuche zur Farbenzerstreuung.

Von A. Stroman in Friedberg (Hessen).

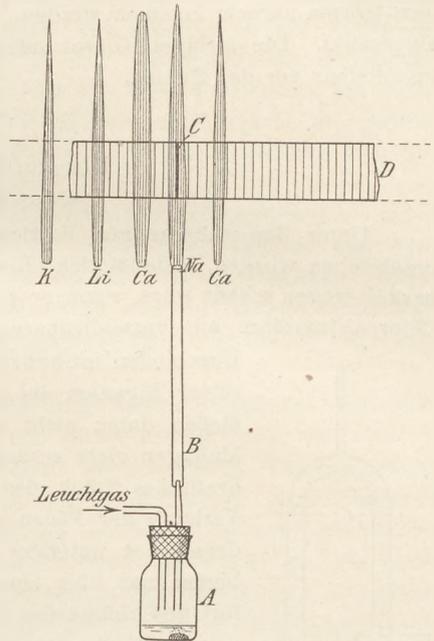
1. Dem bekannten Versuche, eine durch Natrium- und Lithiumsalz gefärbte Weingeistflamme durch ein stark brechendes Prisma zu betrachten, habe ich eine andere Form gegeben, unter Benutzung des Verfahrens, das Bunsen bei der Umkehrung der Natriumflamme angewandt hat (*Weinhold, Physikal. Demonstr., III. Aufl., Fig. 280*). Ein Leuchtgasstrom reißt in den kleinen Sprühtropfchen, die bei einer Gasentwicklung entstehen, die Salze mit hinauf in eine nichtleuchtende Flamme. Der Versuch ist einfach und sicher und kann jederzeit in wenigen Augenblicken in Gang gesetzt werden. Es brennen dabei 4—5 verschiedenfarbige etwa 25 cm hohe Flammen von großer Helligkeit durch ein 6 cm breites, wagrecht liegendes Spektrum hindurch, worin jede Flamme die ihr zukommende Stelle einnimmt.

Das Wesentliche der Anordnung ist aus der Figur zu ersehen. A ist eine weithalsige Flasche von etwa 10 cm Höhe mit doppelt durchbohrtem Kork und 2 Glasröhren. Die gerade

Röhre ist wenigstens 8 mm weit. Ihr oberes Ende ist zu einer 2 mm weiten Spitze ausgezogen. So werden die feinen Sprühtropfen auf geradem Wege mit in die Flamme gerissen, ohne daß sich am unteren Ende ein Flüssigkeitsverschluß bilden kann. Die rechtwinklig gebogene Röhre dient der Leuchtgaszufuhr. *B* ist eine 20 cm lange und 1 cm weite Glasröhre, die in eine Klemme eingespannt ist. Sie bildet mit der unteren Spitze den Bunsenschen Brenner. Wenn sie dickwandig ist, springen mitunter beim Brennen schmale Ringe ab, aber der Versuch wird dadurch in keiner Weise gestört. *C* ist ein Platindraht, der in eine Glasröhre eingeschmolzen und in eine Klemme eingespannt ist. Das abgebogene, senkrechte Ende des Platindrahts ist etwa 6 cm lang.

Um den Versuch jederzeit rasch ausführen zu können, stellt man sich eine für Jahre ausreichende Lösung von Natrium- und Lithiumnitrat her. Als Lithiumsalz wird in der Regel das Karbonat vorhanden sein. Man übergießt 1 g Natriumnitrat und 3 g Lithiumkarbonat in einem Becherglase mit etwas Wasser, erwärmt ein wenig und setzt nach und nach so viel rohe Salpetersäure zu, daß kein Aufbrausen mehr eintritt. Diese Lösung verdünnt man mit Wasser auf etwa 300 ccm und bewahrt sie in einer Flasche mit eingeschlifffenem Stöpsel auf.

Wenn der Versuch angestellt werden soll, schließt man die rechtwinklig gebogene Röhre an die Gasleitung an. In die Flasche *A* gießt man etwa fingerhoch von der Lösung, wirft ein Stückchen Marmor hinein und fügt so viel rohe Salpetersäure zu, daß unter gelindem Schäumen Koblen-säureentwicklung eintritt. Nun öffnet man den Gas-hahn und zündet oben bei *B* an. Natrium- und Lithiumnitrat und das sofort entstehende Calciumnitrat werden mitgerissen, und man erhält eine gelbrote Flamme. In ihren Mantel schiebt man den Platindraht, so daß das abge-bogene Ende zur Weißglut kommt. Der Versuch kann im gedämpften Tageslichte an-gestellt werden. Am besten ist es, wenn man eine Lampe anzündet und das Zimmer ver-dunkelt. Auf eine erhöhende Unterlage stellt man das Schwefelkohlenstoffprisma, richtet es und gibt nach einem geeigneten Gegenstande die Richtung an, in der hindurchgesehen werden muß. Bei 2 m Abstand zwischen Flamme und Prisma erhält man ein zusammenhängendes rot—orange—gelb—grünes Flammenband. Bei 3—4 m Abstand sieht man 4 einzelne Flammen, die als hell leuchtende Fackeln durch das Spektrum (*D*) des glühenden Platindrahts hindurch-brennen: eine rote der Lithiums, eine nicht ganz scharfe orangefarbene des Calciums, die gelbe des Natriums und eine blaßgrüne des Calciums. Ich war besonders darauf ausgegangen, auch eine Flamme zu haben, die nach dem violetten Ende des Spektrums hin von der Natriumflamme abrückte, aber das naheliegende, übrigens recht teure Thalliumsalz hat bei diesem Verfahren ganz versagt. So oft ein Schüler durch das Prisma sieht und die 4 Flammen mit dem Blicke erfaßt hat, kann man noch die Asche einer Zigarre in den Mantel der Flamme halten. Dann springt jedesmal jenseits der Lithiumflamme als fünfte noch eine Kaliumflamme auf. Der Versuch ist auf diese Weise schöner und lehrreicher, als wenn man der Lösung Kaliumsalz beimengt. Denn dies liefert selbst bei hoher Konzentration der Lösung immer nur ein schwaches Flammenbild. Das zusammenhängende Spektrum ist dort, wo die Kalium-flamme erscheint, nicht mehr sichtbar. Wenn man die Flamme während der Beobachtung z. B. durch Anblasen bewegt, so führen natürlich alle durch das Prisma gesehenen Flammen die gleiche Bewegung aus.



Wenn der Versuch angestellt werden soll, schließt man die rechtwinklig gebogene Röhre an die Gasleitung an. In die Flasche *A* gießt man etwa fingerhoch von der Lösung, wirft ein Stückchen Marmor hinein und fügt so viel rohe Salpetersäure zu, daß unter gelindem Schäumen Koblen-säureentwicklung eintritt. Nun öffnet man den Gas-hahn und zündet oben bei *B* an. Natrium- und Lithiumnitrat und das sofort entstehende Calciumnitrat werden mitgerissen, und man erhält eine gelbrote Flamme. In ihren Mantel schiebt man den Platindraht, so daß das abge-bogene Ende zur Weißglut kommt. Der Versuch kann im gedämpften Tageslichte an-gestellt werden. Am besten ist es, wenn man eine Lampe anzündet und das Zimmer ver-dunkelt. Auf eine erhöhende Unterlage stellt man das Schwefelkohlenstoffprisma, richtet es und gibt nach einem geeigneten Gegenstande die Richtung an, in der hindurchgesehen werden muß. Bei 2 m Abstand zwischen Flamme und Prisma erhält man ein zusammenhängendes rot—orange—gelb—grünes Flammenband. Bei 3—4 m Abstand sieht man 4 einzelne Flammen, die als hell leuchtende Fackeln durch das Spektrum (*D*) des glühenden Platindrahts hindurch-brennen: eine rote der Lithiums, eine nicht ganz scharfe orangefarbene des Calciums, die gelbe des Natriums und eine blaßgrüne des Calciums. Ich war besonders darauf ausgegangen, auch eine Flamme zu haben, die nach dem violetten Ende des Spektrums hin von der Natriumflamme abrückte, aber das naheliegende, übrigens recht teure Thalliumsalz hat bei diesem Verfahren ganz versagt. So oft ein Schüler durch das Prisma sieht und die 4 Flammen mit dem Blicke erfaßt hat, kann man noch die Asche einer Zigarre in den Mantel der Flamme halten. Dann springt jedesmal jenseits der Lithiumflamme als fünfte noch eine Kaliumflamme auf. Der Versuch ist auf diese Weise schöner und lehrreicher, als wenn man der Lösung Kaliumsalz beimengt. Denn dies liefert selbst bei hoher Konzentration der Lösung immer nur ein schwaches Flammenbild. Das zusammenhängende Spektrum ist dort, wo die Kalium-flamme erscheint, nicht mehr sichtbar. Wenn man die Flamme während der Beobachtung z. B. durch Anblasen bewegt, so führen natürlich alle durch das Prisma gesehenen Flammen die gleiche Bewegung aus.

Auf die Anbringung eines Trichters, durch den die Salzlösungen nach und nach hätten

eingegossen werden können, habe ich verzichtet. Der Versuch würde in dieser Form vielleicht methodisch besser sein, aber schon wieder zu viel Zeit erfordern.

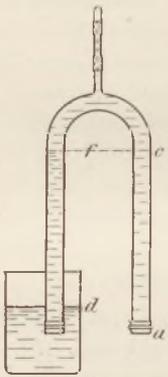
2. Zu Beobachtungen bei einfachem Lichte wird man dieselbe Vorrichtung benutzen. In die Flasche *A* bringt man eine kleine Messerspitze voll Chlornatrium, fingerhoch destilliertes Wasser, einige Körnchen granuliertes Zink und etwas konzentrierte Salz- oder Schwefelsäure. Zur Betrachtung bei einfarbigem Lichte eignet sich vorzüglich die Spektraltafel.

3. Wer mit einfachen Mitteln arbeiten muß, kann bei Versuch 1 die Gelegenheit benutzen, um Absorptionsspektren zu zeigen, da die Schüler jetzt im fast dunkeln Zimmer mit dem Prisma zurecht kommen werden. Der Platindraht wird in eine farblose Bunsenflamme eingesenkt. Die farbigen Gläser oder die Küvetten mit farbigen Salzlösungen hält man unmittelbar vor das Prisma.

Ein gefüllt bleibender Heber.

Von Prof. H. Rebenstorff in Dresden.

Unter den heberartigen Vorrichtungen, die im vorigen Jahrgange d. Zeitschr. 161 beschrieben wurden, befindet sich (2.) ein Saugheber, um den es seiner praktischen Brauchbarkeit wegen schade wäre, wenn er wenig beachtet bliebe. Er besteht aus einer U-förmigen Chlorcalciumröhre mit verschließbarem Rohransatz an der Krümmung. Durch einfaches



Überbinden mehrerer Mullschichten kann man diesen Heber hinsichtlich seiner Eigenart des Gefülltbleibens viel wirksamer machen. Soll das Abfließen dabei nicht zu sehr verlangsamt sein, so darf man freilich die Mullagen nicht zu zahlreich wählen. Man legt zweckmäßig auf ein quadratisches Stück des feinmaschigen Gewebes ein zweites mit diagonalem Verlaufe der Fäden und endlich hierauf ein drittes, dessen Fäden wieder denen des untersten Stückes parallel verlaufen. Das befeuchtete Ganze bindet man über einem Rohrende fest, schneidet das Übrige ringsum fort und richtet das andere Rohrende ebenso vor (s. Fig.). Den Heber füllt man durch Ansaugen nach Einsenken beider Öffnungen in eine Schale mit Wasser; man kann auch nur den einen Schenkel dabei eintauchen, während man den anderen mit der flachen Hand zuhält. Das Schlauchstück drückt man nach dem Eintritt des Wassers zu und stößt es ab.

Ein solchen Heber kann man, ohne daß er sich entleert, nach allen Richtungen hin drehen und recht schnell bewegen, nur nicht gerade ruckweise. Man kann ihn auf dem Tische liegen lassen und wird höchstens wahrnehmen, daß nach Stunden oder Tagen eine oder mehrere bohnen große Luftblasen infolge der Verdunstung hineingesaugt wurden. Füllen diese noch nicht fast die ganze Heberbiegung aus, so stören sie beim Gebrauche gar nicht. Sowie man den Heber wieder empornimmt und den einen Schenkel in ein Gefäß mit Wasser einsenkt, rinnt aus dem anderen das Wasser ab, bei nur mm tiefem Einsenken in einzelnen großen Tropfen, hingegen in bleistift dickem Strahle, wenn man ein wenig mehr Gefälle wirksam macht.

Sehr bequem gleicht man durch Absaugen mittels des zuletzt gleichsam auf tupfend an die Oberfläche gebrachten Hebers den Wasserstand z. B. in Meßzylindern genau in einer bestimmten Höhe ab.

Von Wasser bedecktes Quecksilber wird durch den schräg gehaltenen Heber bald fast trocken, so daß es ohne Umfüllen oder den zugehaltenen Trichter ins durchlochte Filter gebracht werden kann. Kühlbäder hält der mittels Statives neben dem Tischwasserablauf aufgestellte Heber auf konstantem Niveau. Das wiederholte Auffüllen eines Explosions-Eudiometers geschieht bequem mittels des Hebers von dem dann ziemlich gleichmäßig voll bleibenden Zylinder aus, in dem man es anwendet. Auch bei ähnlichen Versuchsanordnungen zum Auffangen von Gasen hindert der eingesenkte Heber das Überlaufen, sobald das Gas besonders reichlich Wasser verdrängte. Bei völligem Entleeren

eines mit Wasser gefüllten Becherglases durch den Heber besteht dieses dann die Nagelprobe, denn selbst an der Wand adhärierende Tropfen werden mittels des schräg gehaltenen Hebers sofort abgesaugt.

Beigefügt sei ein anregender Versuch mit dem zunächst nur Wasser enthaltenden Heber, der zugleich eine annähernde Bestimmung von Flüssigkeitsdichten gestattet. Den senkrecht gehaltenen Heber bringt man mit dem einen Schenkelende eine kleine Strecke weit in eine gefärbte Flüssigkeit, die schwerer als Wasser ist, z. B. Kupfervitriollösung. Während aus dem äußeren Schenkel Wasser in ein untergestelltes Glas abrinnt, steigt im anderen die farbige Lösung schnell empor und nimmt mit scharfer Grenze gegen das darüber befindliche Wasser eine Gleichgewichtsstellung ein. Je weniger die eingesaugte Flüssigkeit schwerer als Wasser ist, um so höher wird sie hinaufgetrieben. Am besten spannt man den Heber vor dem Fenster in eine Stativklemme und schiebt die gefärbte Lösung im Becherglase auf verstellbarem Tischchen von unten die kleine Strecke weit über den einen Schenkel empor.

Man ersieht leicht die Übereinstimmung der Drucke der Flüssigkeitssäulen ac und df (s. Figur), deren Längen also ihren Dichten umgekehrt proportional sind, so daß deren Quotient gleich dem spez. Gewichte der Lösung ist. Versah man den eingesenkten Schenkel von unten herauf mit eingeritzter cm-Teilung, so kann daran jede der Längen sofort abgelesen werden. Bedingung des Erhaltens einigermaßen genauer Zahlen ist genau wagerechte erste Aufstellung der Heberendflächen.

Bemerkenswert ist, daß die gefärbte Salzlösung unter diesen Umständen zwar höher ansteigen kann, sobald man tiefer einsenkt oder den Heber schräg stellt, daß aber die Lösung nicht wieder zurücksinkt, wenn man das Gefälle kleiner macht. Die Oberflächenspannung bewirkt, daß die Mullbedeckung sich wie ein Ventil verhält. Nach außen hin wird unter Bildung eines großen, sehr flachen Tropfens die Spannung sehr leicht überwunden, nach innen ist sie infolge der Enge der Maschen recht bedeutend. Der die beiden Flüssigkeiten enthaltende Heber bleibt nach dem Fortnehmen aus der Lösung in gleichem Zustande, wenn er nicht umgewendet wird. Langsam geht die scharfe Flüssigkeitsgrenze durch die mittels dieses Versuches bestens demonstrierbare Diffusion verloren. Soll die gefärbte Lösung wieder hinaus, so braucht man nur den Schenkel voll Wasser in ein eben damit gefülltes Glas zu senken. Die Lösung fließt in die Vorratsflasche zurück, und mit Wasser spült man Spuren der Lösung vom Mullgewebe fort. Nach Monaten ist letzteres zu erneuern, da es mit der Zeit verstaubt und an Durchlässigkeit verliert.

Bewegt man von unten her ein Bechergläschen mit etwas Äther bis über die höher gelegene Mündung des in vertikaler Ebene schräg gehaltenen Hebers, so verkleinert sich die Oberflächenspannung im Ätherdampfe derart, daß ein lebhafter Strom von Luftblasen eindringt. Der gleichzeitige Wasserabfluß stockt erst nach einer erheblichen Abnahme des Druckgefälles, das aus den Niveaus beider Wassersäulen hervorgeht.

Den Heber liefert Gustav Müller in Ilmenau.

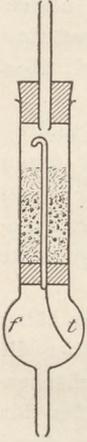
Nachweis der Hygroskopie chemischer Stoffe.

Von Prof. H. Rebenstorff in Dresden.

Das schnell reagierende Gelatinehygroskop habe ich (d. Zeitschr. XVII 28) für einige physikalische Demonstrationen empfohlen, deren wichtigste wohl der als Projektionsversuch sehr anschauliche und einfache Nachweis ist, daß gewöhnliche Luft in einer Flasche durch Ansaugen größere, durch Zurückströmenlassen der Luft geringere relative Feuchtigkeit erlangt.

Um die Hygroskopie chemischer Stoffe zu demonstrieren, kann man den etwa 3 mm breiten und wenige cm langen Abschnitt eines auf der einen Seite mit Lack überzogenen Gelatineblattes außer am Ende eines als Sonde zu benutzenden Glasstabes noch dadurch recht verwendbar machen, daß man es im Innern eines bauchig erweiterten Trockenröhrchens

unterbringt. Wie die Figur zeigt, ist das Streifchen am Ende eines dünnen Glasröhrchens festgebunden, das durch einen Kork hindurchragt. Dieser läßt sich mit etwas Reibung, aber nicht luftdicht in das Trockenröhrchen einschieben, so daß das hygroskopische Streifchen in der Erweiterung Spielraum für seine Krümmungen hat. Der Kork wird mit etwas Siegelack auf dem Röhrchen befestigt. Letzteres ist am andern Ende hakenartig gebogen, um später mit einem ebensolchen Draht mühelos wieder herausgezogen werden zu können. Auf den Kork kommt hineingepfropfte Watte in kleinen Bäuschen, hierauf Chlorcalciumstücke und zum Abschluß wieder Watte. Ein Röhrchen im Kork der Mündung dient zum Ansaugen der Zimmerluft. Während das Streifchen in Berührung mit dieser meistens eine mittlere Haltung annimmt, krümmt es sich durch vermehrte Feuchtigkeit zusammen, wenn man während solchen Ansaugens das Einströmungsröhrchen unten mit gekrümmter Hand umfaßt, und nach der entgegengesetzten Seite krümmt sich das Streifchen, wenn man am entgegengesetzten Ende saugt. Den Versuch kann ein Schüler in wenigen Sekunden machen, während das sonst wohl benutzte Kobaltchlorür auf Watte viel langsamer als Indikator wirkt.



Sowohl dieser, als die folgenden Versuche lassen sich leicht projizieren, wenn man das Trockenrohr mit Hygroskop in der Klemme eines Statives befestigt. Saugt man mittels eines Schlauches die Luft an, während man von unten eine Flasche mit etwas Flüssigkeit über das Einströmungsrohr emporschiebt, bis dieses in den Luftraum tief hineinragt, so macht sich ein vom mittleren abweichender Gehalt der Flaschenluft an Wasserdampf sofort bemerkbar. Einen Zweifel bezüglich der Bedeutung der Krümmung des Streifchens beseitigt kurzes Einblasen, das der Gelatine ja getrocknete Luft zuführt, sowie für den Gebrauch ohne Projektion die Anbringung der Buchstaben *f* und *t* zu beiden Seiten des Streifchens auf dem Glase.

In wenigen Augenblicken kann man so die wichtigsten hygroskopischen Flüssigkeiten durchprüfen und zeigen, daß etwas wasserreichere Lösungen, auch z. B. von Chlorcalcium, die darüber hinstreichende Luft stark anfeuchten.

Schiebt man, um Verunreinigungen zu verhüten, ein kurzes Röhrchen mittels Schlauchstückes auf das Einströmungsrohr, so kann man auch sofort die hygroskopische Eigenschaft von Körpern wie Pottasche zeigen, wenn man das Röhrchen in die gekörnte Substanz hinabschiebt (es genügen wenige cm Tiefe) und hierauf die Luft ansaugt, die durch die Kapillarräume strömt. In gleicher Weise prüft man, ob gepulverte Körper wie Salze gut getrocknet sind, oder ob sie an Luft Wasser abgeben. Man kann auch mit den zu untersuchenden Stoffen ein zweites Trockenröhrchen füllen und die Luft durch dieses hindurch in das kurz angeschlossene Röhrchen mit Hygroskop saugen. So überzeugt man sich z. B. leicht von dem wichtigen Umstande, daß Salpetermehl selbst nach langer Aufbewahrung in einer Papierdüte trocken ist. Ein damit gefülltes Rohr ändert nach Vorschalten die Haltung des Streifchens nicht. Dagegen erkennt man an zahllosen gepulverten Stoffen, daß sie nach dem Trocknen durch Wärme die hindurch gesaugte Luft wasserärmer machen.

Bei Prüfung schwach hygroskopischer Substanzen beachte man, daß diese je nach dem Wassergehalte der Zimmerluft Feuchtigkeit anziehen oder abgeben. Natriumbisulfat ist z. B. im Uhrgläschen im Sommer bald flüssig, bald fest.

Eine der beschriebenen ähnliche Vorrichtung mit Glasschliffen (bequemes Anbringen des Streifchens und Abschluß des Chlorcalciums) liefert Gustav Müller in Ilmenau.

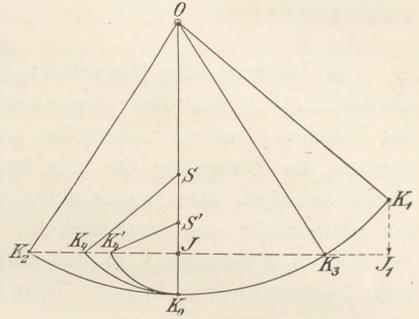
Versuche mit einfachen Mitteln.

6. Zum Pendelversuch mit Hemmungsstift. Von Prof. Ernst Kaller in Wien. Bei dem berühmten Versuch mit dem galileischen Hemmungspendel¹⁾ wird wegen Reibungs- und Luftwiderstandsverlusten die ursprüngliche Höhe selbst ohne Stift nie vollkommen

¹⁾ Vergl. Mach-Habart, S. 110; Rosenberg, S. 81; F. C. G. Müller, S. 74; K. Kraus, Exp. Kunde, S. 74.

erreicht; dadurch wird aber die Beweiskraft des Versuches in den Augen der Schüler bedenklich herabgesetzt.

Ich schlage deshalb auf der Unterstufe folgenden Weg ein (s. die Figur): Ich binde ein Stück Kreide an einen dünnen und möglichst langen Faden und befestige das Ende desselben an einem in die Tafel geschlagenen Nagel; ich hebe das Kreidestück bei gespanntem Faden nach K_1 , markiere diesen Punkt auf der Tafel und lasse den Pendelkörper los; die Schüler verfolgen ihn mit den Blicken, bis er — und dies geschieht gar bald — wieder in K_0 zur Ruhe kommt. Ich frage nach den Ursachen dieser Erscheinung, man findet sie leicht. Nun fordere ich die Schüler auf, genau hinzusehen, bis zu welchem Punkte die Kreide links hinaufsteigt, und wiederhole den Versuch; nach einigem Widerstreit der Meinungen wird endlich ein Punkt K_2 als der richtige festgelegt. Ich ziehe durch ihn auf der Tafel eine Horizontale, welche die Pendelbahn rechts in einem zweiten Punkte K_3 durchschneidet.



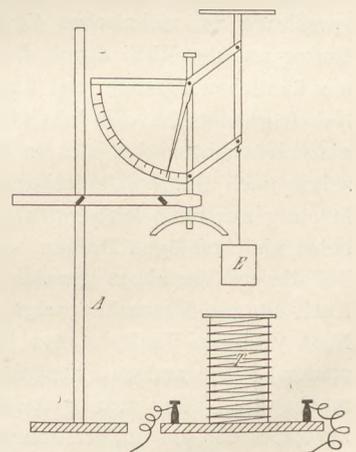
Die Schüler sehen nun leicht ein, daß die auf dem Wege $K_1 K_3$ (der Falltiefe $K_1 J_1$) gewonnene Bewegungswucht zur Überwindung der Bewegungshindernisse verwendet wurde, so daß der Weg $K_3 K_0$ (die Falltiefe $J K_0$) gerade genügte, aber auch notwendig war, um auf der anderen Seite die Aufwärtsbewegung $K_0 K_2$ (die Steighöhe $K_0 J$) zu erzeugen.

Nun schlage ich irgendwo zwischen O und J (und zwar in verschiedenen Punkten dieser Strecke, ja in J selbst — was zeigt sich da?) den Nagel S in die Tafel, hebe die Kreide wieder nach K_1 (nicht K_3) hinaus und lasse sie los; unter gespannter Aufmerksamkeit der Schüler steigt sie trotz des Hemmstiftes auf der linken Seite (natürlich in einem Kreisbogen von kleinerem Radius $S K_0$) bis zu einem Punkte K_4 empor, der genau in der durch K_2 gezogenen Horizontalen liegt, wie Schüler und Lehrer übereinstimmend feststellen werden.

7. Vergleich zwischen magnetischer Anziehung und Schwerkraft mit Hilfe einer Briefwaage.

Von G. Looser in Essen. In den Lehrbüchern der Physik wird da, wo es sich um die Begriffe Kraft handelt, die Bemerkung gemacht: Alle Kräfte werden mit der Schwerkraft verglichen. Schon mit Rücksicht auf die später abzuleitende Einheit der magnetischen und elektrischen „Massen“, der das Dyn zugrunde gelegt wird, wäre es m. E. am Platze, einen Versuch anzustellen, der diesen Vergleich recht anschaulich macht.

Man klemmt zu diesem Zwecke eine Briefwaage an ein Stativ (s. Fig.), hebt die Wagschale ab und bindet mittels Fadens einen Schlüssel daran, so daß dieser über einem Elektromagneten schwebt. Bei dem Versuche des Verfassers stand dann der Zeiger auf 5 g. Man kann nun durch kurzes Probieren (Höher- und Tieferstellen der Waage) leicht 3 Zonen ermitteln. In der obersten ist die Wirkung des Elektromagneten auf den Schlüssel oder irgend ein anderes Eisenstück kaum merklich. Kommt man dem Elektromagneten zu nahe, so erhält der Eisenkörper eine derart wachsende Beschleunigung, daß er heftig an den Pol anschlagen würde. Man kann dies durch Aufsetzen einer Pillenschachtel auf den Pol verhindern. Zwischen diesen Zonen aber liegt eine, bei welcher sich das Eisenstück prompt in eine bestimmte Lage mit sehr deutlichem Ausschlage einstellt.



In dem Versuche des Verfassers ging er von 5 auf 17. Hier leuchtet selbst dem An-

fänger ein, daß derselbe Zeigerausschlag auch durch Auflegen eines Gewichtes von 12 g erzielt werden kann. Die magnetische Zugkraft an dieser Stelle wirkt also genau wie die Schwerkraft auf eine Masse von 12 g.

Vermutlich lassen sich nach dieser Methode andere Versuche, zu den das oben mitgeteilte eine Anregung geben soll, ausführen. Vielleicht das Anziehungsgesetz bei feinerer Konstruktion der Wage. Auch dürfte ein analoger Versuch mit elektrischer Anziehung wohl durchführbar sein.

8. Versuche über Magnetinduktion. Von Ernst Rudel in Nürnberg. Im 1. Hefte dieser Zeitschrift (S. 9) gibt Herr Grimsehl einen Apparat an, mit dem das Induktionsgesetz in der üblichen Fassung unmittelbar nachgewiesen werden kann. Wem der dort beschriebene Apparat zu kostspielig ist, der kann die gleiche Wirkung auch mit folgenden einfachen Mitteln erzielen. Man nimmt einen blanken 2 m langen Kupferdraht von 3 mm Dicke, glüht ihn nötigenfalls aus und wickelt ihn zu einer niedrigen rechteckigen Spule zusammen (ca. 6 bis 7 Windungen), so daß eine etwa 8 cm lange, auf Spitze schwebende Magnetnadel samt Papierfähnchen bequem dazwischen schwingen kann. Einen Rahmen braucht dieses „Galvanometer“ nicht, nur eine Unterlage, da der dicke Draht sich selbst trägt; zur Isolierung steicht man ihn mit Lack an. Ferner biegt man ein 2 m langes Stück desselben Drahtes zweimal rechtwinkelig um, so daß in der Mitte ein 30 cm langes Stück bleibt. An die Enden lötet man zwei kurze Bündel aus dünnem Draht und schließt sie an das Galvanometer an. Über die Windungen des letzteren wird zur Astasierung ein Stück einer magnetisierten Stricknadel gelegt. Wird das mittlere Drahtstück zwischen den Polen eines einfachen Hufeisenmagneten bewegt, so erhält man leicht Ausschläge von 45 Grad und darüber, bei Anwendung eines Elektromagneten solche bis zu 90 Grad.

Das gleiche Galvanometer kann benützt werden, wenn man ein rechteckiges Drahtstück bzw. mehrere auf eine Walze gezogene Drähte zwischen den Polen eines Magneten rotieren läßt.

Für die Praxis.

Versuche mit der Zentrifugalmaschine. Von G. Looser in Essen. Daß sich Stoffe je nach dem spez. Gewichte der Zentrifugalkraft gegenüber verschieden verhalten, zeigt man gewöhnlich so, daß man in die sich drehende Glaskugel Wasser und Quecksilber bringt. Bei der Besprechung der technischen Verwendungen der Zentrifugalkraft, z. B. der Ausscheidung der Butter aus der Milch durch die sog. Milchzentrifuge, drängte sich mir der Gedanke auf, daß ein ähnlicher Versuch viel überzeugender, vielleicht überraschender wirken müßte. Das Naheliegendste ist, den Inhalt des Schulschwammes über einem in die Kugel gesetzten Trichter auszudrücken, so daß sich in der Kugel eine trübe weiße Flüssigkeit befand. Tatsächlich zeigte nach einigen Umdrehungen die Äquatorzone einen scharf begrenzten weißen Ring, der in einer nur noch leichtgetrübten breiteren Zone die Mitte einnahm. Bei noch weiterem möglichst gleichmäßigen Drehen begannen die Ränder dieser letzteren Zone schon klar zu werden. Bei diesem Verfahren geraten jedenfalls auch Staub- und Schmutzteile in die Flüssigkeit. Nach einigen Versuchen zeigte sich der käsige Niederschlag von Chlorsilber sehr geeignet. Nach wenigen Umdrehungen hebt sich ein scharf begrenzter weißer Ring von der Äquatorzone ab. Die andere Flüssigkeit bildet eine klare breite Zone, die man, um sie sichtbar zu machen, mit sehr wenig Anilinfarbe noch deutlicher machen kann. Man darf nicht soviel zusetzen, daß sie undurchscheinend wird. Flüssigkeit und Niederschlag lassen sich vielleicht in dunkler Flasche für spätere Versuche aufheben. Auch Schlemmkreide würde sich wohl bewähren.

Ein Radiometerversuch über Absorption und Emission. Von Dr. L. Kann in Pilsen. Das Radiometer ist ganz besonders geeignet, in einfacher und anschaulicher Weise den Satz zu demonstrieren, daß Körper, die gut emittieren, auch gut absorbieren. Denn heute dürfte

niemand mehr die Radiometerbewegung anders erklären als durch die raschere Erwärmung der stärker absorbierenden Ruß-Schicht im Vergleich mit der blanken Seite der Radiometerflügel, infolge derer eine stärkere Erwärmung des der Ruß-Schicht anliegenden Gaspolsters und somit ein stärkeres Gasbombardement von dieser Seite her eintritt, unter welchem die berußten Seiten zurückweichen.

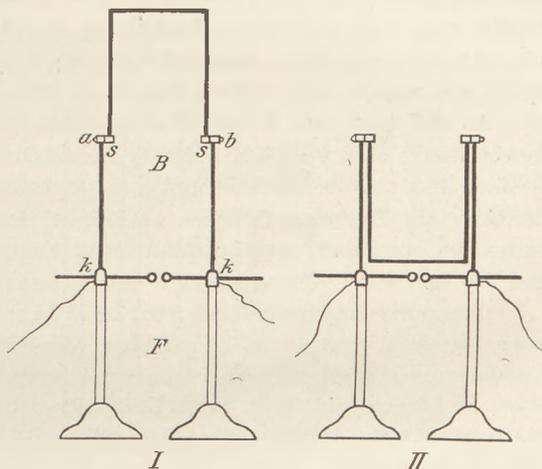
Erwärmt man das ganze Radiometer z. B. auf einer Ofenplatte, ziemlich stark und läßt es in kälterer Umgebung auskühlen, so rotieren die Flügel in umgekehrter Richtung, also mit der berußten Seite voran. Jetzt emittiert nämlich die Ruß-Schicht besser als die blanke Seite, kühlt sich daher rascher ab; damit sinkt die Temperatur des ihr anliegenden Gaspolsters rascher als an der blanken Seite, auf welcher nunmehr das Bombardement überwiegen muß.

Diese Umkehrung des Versuches mag überdies noch dazu beitragen, einige der anderen Erklärungsversuche der Radiometerwirkung ohne weiteres zu widerlegen.

Ein Apparat zur Demonstration der Impedanz. Von Dr. L. Kann. Der Apparat besteht aus einem u-förmigen Bügel *B* aus (ca. 5 mm) starkem Kupferdraht, dessen Schenkel *a*, *b* ungefähr in der Mitte mit Scharnieren *s* versehen sind, welche ein Drehen des oberen Teiles des Bügels gestatten, so daß er auch in die Stellung II gebracht werden kann.

Dieser Bügel wird auf eine beliebige Funkenstrecke *F* aufgesetzt, deren Klemmen *k* mit entsprechenden vertikalen Ausbohrungen versehen sind. Die Funkenstrecke samt Bügel wird nun mit einem hochfrequenten Wechselstrom beschickt. Die einfachste Anordnung hierzu ist wohl die: eine Leydener-Flasche (oder einen einfachen Kondensator aus 2 größeren durch Glasplatten isolierten Blechen) durch einen Funken-Induktor zu laden und über eine Hilfsfunkenstrecke und die Funkenstrecke *F* mit aufgestecktem Impedanzbügel *B* zu entladen.

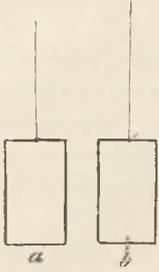
Befindet sich der Bügel in der Stellung I, so werden die hochfrequenten elektrischen Schwingungen des Entladungskreises wegen der großen Impedanz des Bügels, der in dieser Stellung viel Fläche und somit (bei Stromdurchgang) viel Kraftlinien umschließt, trotz seines äußerst geringen ohmischen Widerstandes den Weg über die 2–3 mm voneinander entfernten Kugeln der Funkenstrecke *F* vorziehen, zwischen denen infolgedessen ein lebhaftes Funken auftritt. Dieses unterbleibt, sowie der Bügel in die Stellung II gebracht wird. Denn nun ist die Impedanz des Bügels fast in demselben Verhältnis geringer, in dem die von ihm nunmehr umschlossene Fläche — und *cet. par.* auch die Kraftlinienzahl — kleiner ist als in Stellung I.



Demonstration der Dämpfung der Bewegung eines offenen und eines geschlossenen Leiters im Magnetfelde. Von Dr. L. Kann in Pilsen. Ein dicker Kupferdraht wird, wie aus der Figur ersichtlich, zu einem rechteckigen Rahmen gebogen, dessen Enden bei *a* durch die Federung für elektrische Leitung genügenden Kontakt haben.

Wird dieser Rahmen an einem Faden, dem man eine starke Torsion erteilt hat, zwischen den Polen eines kräftigen Magneten (am besten Elektromagneten) aufgehängt und sich selbst überlassen, so rotiert er — trotz der starken Torsion des Fadens — nur äußerst langsam. Sowie das Feld beseitigt wird, tritt lebhaftere Rotation ein.

Wird aber der Kontakt bei a durch ein eingeschobenes, isolierendes Scheibchen b , etwa aus Papier, unterbrochen, so rotiert der Rahmen selbst im starken Magnetfelde fast ungehindert; obwohl *cet. par.* die im Rähmchen induzierte elektromotorische Kraft jetzt viel größer ist als früher.



Auf diese Weise läßt sich auch die Dämpfung der offenen und geschlossenen Spule des D'Arsonval Galvanometers ohne weiteres demonstrieren.

Diese Anordnung gewährt auch einen klaren Einblick in die Energieverhältnisse im Felde: Kommt kein Strom zustande, so braucht auch von der Energie des Systems (natürlich bis auf die gewöhnlichen Verluste, wie Reibung etc.) nichts abgegeben zu werden. Fließt aber im Rähmchen ein Strom, so muß die für denselben nötige Energie vom Systeme bestritten werden, und zwar auf Kosten der lebendigen Kraft der Rotation; diese muß also verringert werden, d. h. die Bewegung wird gedämpft.

Thermische Längsdehnung in großen Dimensionen. Von H. Rebenstorff in Dresden. Mit langen gezogenen Messingrohren können auch einige thermische Erscheinungen sehr anschaulich gezeigt werden.¹⁾ Ein einzelnes, etwa 3 m langes Rohr verlängert sich beim Durchleiten von Dampf um ein im ganzen Zimmer bemerkbares Stück (fast 5 mm). Größere Dimensionen liefern mehrere Rohre, deren aufeinander folgende Weiten ineinander passen; ein dem engeren, nahe dem Ende aufgelöteter Draht ring begrenzt das Einschieben. Den Ausdehnungskoeffizienten erfährt man nach gesichertem Einspannen des einen Endes, in das mittels Kork und Glasrohr ein lebhafter Dampfstrom eingeleitet werden kann, durch Messen der Verschiebung des freien Endes des wagerechten Rohres, das, wenn nötig, auch in der Mitte verschiebbar unterstützt ist. An das über eine Schale hinausragende Rohr ist ein senkrechter Drahtzeiger gelötet, dessen Spitze sich vor einer dahinter befestigten mm-Skale verschiebt. Ein herangerufener Schüler liest ab; die Fernersitzenden sahen beim Heizen den blanken Draht von einem dicht daneben (am Tische) befestigten abrücken. Auch ein Meßkeil für den Abstand des Rohrendes von einer nahe angebrachten festen Kante ist verwendbar, sowie jedes der Verfahren, aus den mm der Dehnung cm und dm zu machen.

Besonders augenscheinlich wird die Wirkung der Wärme, wenn man das lange Rohr (von etwa 1½ cm Weite) an beiden Enden festmacht, sodaß die Mitte sich etwas durchbiegt. Letzteres verringert man an besonders langen Rohrverbänden etwa durch Aufhängen der Mitte an einer Spiralfeder. Das Ende für den Dampfeintritt wird festgeklemmt; die das Stativ am Tische festhaltende große Schraube am besten so an die Rohrklemme gerückt, daß sie diese stützt. Vorher hatte man das andere Rohrende über einen Nagel in der Wand des Zimmers geschoben, die vor dem austretenden Dampf durch ein Blechstück geschützt ist. Man kann auch zum weiteren Schutze den Nagel außer dem Blech noch ein Brettchen durchbohren lassen. Das Blech ist unten so zu einer Art Rinne umgebogen, daß das Kondenswasser einige dm vor der Wand in eine große Schale auf dem Fußboden abfließen kann. Hinter der Rohrmitte stellt man einen Vertikalmaßstab auf, dessen Spitze die Ausbiegung beim Heizen mißt. Einige in hoher Kante stehende Brettchen geben für die Fernbeobachtung der vermehrten Durchbiegung einen Anhalt.

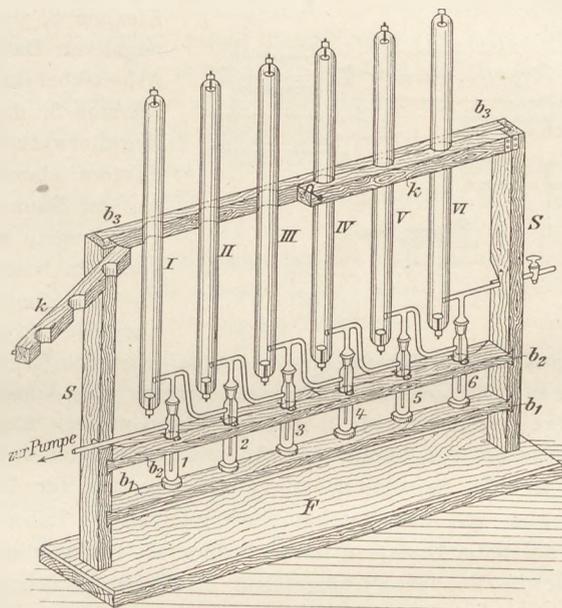
Beim ersten Hindurchleiten des Dampfes geht die Rohrmitte ziemlich stetig abwärts; an 3 m Rohr um mehrere cm, bis der Dampf vor dem Bleche herauszischt. Streift man alsdann den Heizschlauch auf einen Trichter und gießt kaltes Wasser durch das Rohr, das in der Spalte vor dem Bleche stets einen Ausweg findet, so erhält das Rohr schnell seine alte Form zurück. Recht anregend sind dann die Erscheinungen beim erneuten Anheizen. Nach einiger Zeit des Heizens wird das Wasser im Rohre ruckweise vor- und infolge Kondensation wieder zurückgetrieben, wobei das klingende Geräusch wie in Dampfheischlangen auftritt. Die Rohrmitte geht schnell hin und her und deutlich sieht man am Rohr flache Wellen hinlaufen. Diese Übertragung großer Wärmemengen durch die ganze Breite des Zimmers demonstriert die Dampfheizung anschaulichst.

¹⁾ Die Schallrohre (ds. Zeitschr. XIX 279) liefert M. Kohl in Chemnitz (Sonderprospekt).

Berichte.

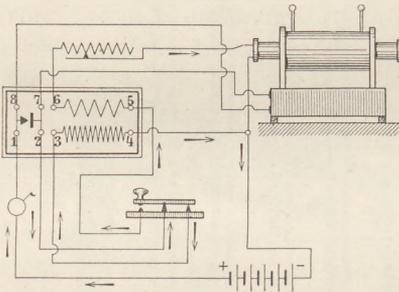
1. Apparate und Versuche.

Selbsttätig sich einstellende Vakuumskala. Von W. BIEGON VON CZUDNOCHOWSKI (*Verh. d. Dtsch. phys. Ges.* **9**, 136+144, 1907). Verf. hat einen Apparat konstruiert, der dazu dienen soll, wie die Vakuumskala von Cross die elektrischen Entladungen bei verschiedenen Gasdrücken zu zeigen, dabei aber auch sowohl die Gasart wie die Druckabstufung beliebig zu wählen gestattet, als auch die Verschiedenheit des Druckes in den einzelnen Entladungsgefäßen deutlich erkennen läßt, was namentlich für Unterrichtszwecke wichtig ist, und außerdem nur an eine Pumpe angeschlossen zu werden braucht, um bei deren Arbeiten von selbst verschiedene Drucke in den Gefäßen zu ergeben. Der von M. STUHL in Berlin hergestellte Apparat hat folgende Einrichtung, siehe Figur. Auf einem Grundbrett *F* sind 2 Pfosten *SS* errichtet, die durch drei Leisten *b*₁, *b*₂ und *b*₃ miteinander verbunden sind, von denen *b*₂ und *b*₃ je der Länge nach geteilt und bei ersterer die hintere, bei *b*₃ die vordere Hälfte in Gestalt zweier Klappen um Scharniere an *SS* beweglich sind. Die zylindrischen zweckmäßig ~ 50 cm langen und 3+4 cm weiten Entladungsrohre I–VI, welche von *b*₃ gehalten werden, tragen an ihrem unteren Ende je ein zweimal nahezu rechtwinklig gebogenes Röhrchen, welches in ein kleines flaschenförmiges Gefäßchen 1+6 ausläuft und außerdem ein vertikal abwärts gehendes in der Mitte zwecks Verwendung als Stopfen etwas erweitertes und am Ende schräg abgeschlossenes Seitenrohr trägt; solche einander gleiche Glasteile sind nun mehrere derart ineinander gefügt, daß die Verbindungsrohre und die Fläschchen einen fortlaufenden Kanal bilden, von dem aus zwischen je zwei Fläschchen eine Abzweigung zu einem Entladungsrohr führt. Nötig sind für *n* Entladungsrohre nur *n*–1 Fläschchen, da von jenen das erste unmittelbar mit der Pumpe, das letzte durch einen Hahn mit der Luft oder einem Gasbehälter zu verbinden ist. Füllt man in die Fläschchen 1+6 Quecksilber, dessen Stand an kl. Millimeterskalen abgelesen werden kann, so wirken diese als Ventile, indem sie so viel Gas in der Richtung nach der Pumpe zu hindurchtreten lassen, bis der Gasdruck auf der von dieser abgewendeten Seite gleich ist dem Gasdruck auf der anderen Seite plus dem der Höhe des Hg-Spiegels über der unteren Mündung des eintauchenden Röhrchens entsprechenden Drucke. Verf. gibt l. c. auch die ausführliche Theorie des Apparates. Es ist ohne weiteres abzuleiten, daß, wenn die Gasdrücke in den Entladungsgefäßen bezw. $P_1 P_2 \dots P_n$, die wirksamen Quecksilberhöhen $P_{h_1}, P_{h_2} \dots P_{h_n}$ der Druck im *m*ten Gefäße gegeben ist durch $P_m = P_1 + (P_{h_2} + P_{h_3} + \dots + P_{h_m})$, wenn man 1 ohne Quecksilberfüllung annimmt. Es läßt sich auch eine allgemeine Formel aufstellen, welche, wenn die Volumina der gegeneinander abgesperrten Stücke wie der Pumpe sowie alle P_h bekannt sind, den Druck P_1 und damit alle anderen P für beliebige Gefäßzahlen und beliebige Anzahl von Pumpenzügen zu berechnen gestattet.



B. v. Cz.

Dauernd laufender Unterbrecher ohne Hilfsbatterie. Von BIEGON VON CZUDNOCHOWSKI. (*Verh. d. Dtsch. phys. Ges.* 8, 680+684; 1906). Man verwendet seit geraumer Zeit, namentlich für größere Funkeninduktoren, nicht allein von diesen vollständig getrennte Stromunterbrecher, sondern richtet diese, um jederzeit die volle Wirksamkeit des Induktors zu erhalten, so ein, daß sie, einmal in Betrieb gesetzt, dauernd in gleichmäßiger Tätigkeit bleiben, ob nun das Induktorium selbst Strom erhält oder nicht. Ein solcher Unterbrecher erfordert aber zum Betriebe immer noch eine besondere Hilfsstromquelle, wodurch die Anordnung verwickelt und für Unterrichtszwecke wenig geeignet wird. Der Verf. beschreibt nun einen Apparat, bei dessen Anwendung man die unzweifelhaften Vorteile des dauernd laufenden Unterbrechers erzielen kann, ohne einer Hilfsstromquelle zu benötigen. Das Wesentliche des neuen Unterbrechers ist, daß (s. Figur) sein Elektromagnet zwei ganz verschiedene Wickelungen besitzt, nämlich eine aus dickem Draht, dessen Stärke sich nach dem Maximalstrom des Induktors richtet, und eine dünnadrätige, deren Widerstand mit Rücksicht auf die Spannung der benutzten Stromquelle so zu bemessen ist, daß letztere in ihr dieselbe Amperewindungszahl erzeugt wie der normale Primärstrom des Induktors in der dickdrätigen; der Apparat ist ferner mit 6 Klemmen versehen und wird in folgender Schaltung benutzt. Vom + Pol der Batterie führt eine Leitung über einen einpoligen Ausschalter zur Klemme 1, von der aus der Strom weiter über den Unterbrechungskontakt nach Klemme 2 geht, die mit dem Drehpunkt eines Umschalters — Morsetasters — verbunden ist, von dessen Ruhekontakt der Strom über



Klemme 3, die dünne Wickelung, Klemme 4 zum negativen Batteriepol gehen kann, während, vom Arbeitskontakt des Tasters ihm ein Weg über Klemme 5, die dicke Wickelung, Klemme 6, einen Regulierwiderstand, die Primärwicklung des Induktors ebenfalls zum negativen Pol offen steht. An der Klemme 1 und 2 wird der Kondensator angeschlossen, zu welchem Zwecke man aber auch noch ein besonderes Klemmenpaar anbringen kann. Es sind somit zwei parallele wechselweise zu benutzende Stromwege vorhanden; die Amperewindungszahl des Unterbrechermagneten wird bei richtiger Abgleichung durch das Umschalten nicht geändert, deswegen arbeitet der Apparat, gleichgültig, welcher der beiden Zweige geschlossen ist, in gleicher Weise weiter. Ein Versuchsapparat mit den bezw. Windungszahlen von 54 und 160 für einen maximalen Induktorstrom von 5 Amp. arbeitete gut, und ist die Anordnung mit Platinkontakten für Induktoren bis zu 30 cm Schlagweite brauchbar; sie erscheint besonders wertvoll für Laboratoriums- wie Demonstrationsversuche, weil der beim Loslassen durch Federkraft sich von selbst auf den Ruhekontakt einstellende Taster die Möglichkeit ausschließt, bei Versuchsstörungen beim Arbeiten im Dunkeln infolge Nichtfindens des Ausschalters Hochspannungsschläge zu erhalten. (Der Apparat ist erhältlich von E. RUMMER, Berlin S.W., Friedrichstr. 248.)

B. v. Cz.

Die Licht- und Wärmeenergie von Glühlampen. Zur Bestimmung des mechanischen Äquivalents der Lichteinheit (1 Hefnerkerze) hat bereits Tumlriz 1889 die Absorption der ultraroten Strahlen durch eine Wasserschicht benutzt. Auf ähnliche Weise hat Grimschl 1903 (*d. Zeitschr.* XVI 210) die Strahlung einer Glühlampe untersucht, indem er sie zuerst in reinem, dann in schwarz gefärbtem Wasser brennen ließ. Die gefundene Lichtmenge, 8 bis 12% der Gesamtstrahlung, war wie bei Tumlriz noch zu groß, weil eine etwa 20 mm dicke Wasserschicht noch sehr viel dunkle Wärmestrahlen durchläßt. J. RUSSNER (*Physikal. Zeitschr.* 8, Nr. 4, 1907) benutzte als Absorptionsmittel eine Lösung von schwefelsaurem Eisenoxydulammoniak (Ferro-Ammoniumsulfat), das im Handel zu haben ist. Die anfangs trübe Lösung wird durch einige Tropfen Schwefelsäure und ev. Filtrieren klar; eine 30%ige Lösung absorbiert bei 20 mm Dicke die Wärmestrahlen einer Glühlampe vollkommen, wie nach Absorption der Lichtstrahlen in einer Jod-Schwefelkohlenstofflösung an einer Thermo-

säule zu zeigen ist. Erst dickere Schichten der Lösung sehen grünlich aus und absorbieren etwas Licht vom äußersten Rot.

Für die Versuche wurde die Glühlampe von Messinggewinde und Kitt befreit, die Zuleitungsdrähte an dickere Kupferdrähte angelötet und diese durch ineinander geschobene Glasröhren isoliert. Die Flüssigkeit wurde vor dem Versuch ebensoviel unter Zimmertemperatur abgekühlt, als sie beim Versuch über diese stieg. Die Temperaturen wurden an einem Thermometer mit $\frac{1}{10}$ Grad abgelesen. Zur Messung der Gesamtenergie wurde die Glühlampe mit Stanniol umhüllt, das innen mit einem Spirituslack geschwärzt war (da sich schwarze Farbstoffe in der Lösung nicht gut auflösen). Die Temperatur steigt in diesem Fall um einen kleinen Betrag mehr als vorher, und der Unterschied liefert ein Maß für die ausgestrahlte Lichtmenge. RÜSSNER fand so bei einer Kohlefadenglühlampe für 110 V. und 16 HK, die jedoch mit 115 V. betrieben wurde und dabei 19 HK lieferte, die Mitteltemperaturen $2,9775^{\circ}$ bzw. $2,995^{\circ}$ und dementsprechend **0,58%** leuchtende Energie, in einem zweiten Fall **0,61%**, bei einer Tantallampe, die statt mit 110 mit 115 V. gebrannt wurde und bei 0,4 Amp. 35 HK lieferte, war der Betrag **2,2%**; bei einer Osmiumlampe (65 Volt, 0,56 Amp., 24 HK) betrug die in Licht verwandelte Energie **2,3%**, bei einer Osramlampe für 120 Volt, die mit 115 Volt und 0,4 Amp. gebrannt wurde und dabei 34 HK lieferte, war der Betrag **2,46%**. Die Energie pro Hefnerkerze ergab sich hieraus bei den benutzten Lampen der Reihe nach zu 0,018, 0,020, 0,029, 0,035, 0,033 Watt.

Zu diesen Versuchen bemerkt H. VÖGGE (*Phys. Zeitschr.* 8, Nr. 9), daß bei den Lampen, die nicht mit ihrer normalen Spannung betrieben seien, das Ergebnis zu klein, bei der Osramlampe, wo die Spannung geringer war, das Ergebnis zu groß sei, richtig daher nur bei der Osmiumlampe. Auch sei nicht zu erwarten, daß der Energiewert von 1 Hefnerkerze bei allen Lampen derselbe sei; dies treffe vielmehr nur zu bei solchen Lichtquellen, die reine Temperaturstrahler seien und genau den gleichen Glühgrad besäßen. Mit dem höheren Glühgrad aber verschiebt sich das Maximum der Helligkeit nach den kleineren Wellenlängen zu, und es gewinnen die gelbgrünen Strahlen (die den Lichtwert bestimmen) den roten gegenüber an Intensität. Daher wird der Energiewert pro HK kleiner ausfallen bei der Lichtquelle, die den höheren Glühgrad hat. Nach seinen Messungen (*Journal f. Gasbeleuchtung* 1905, S. 531) ergeben sich folgende Werte in g cal./sec. Für die Glühlampe mit 5 W./HK: 0,060, Glühlampe mit 3 W./HK: 0,048, Glühlampe mit $2\frac{1}{2}$ W./HK: 0,040, Osmiumlampe: 0,026, Nernstlampe: 0,024; bei normaler Spannung sei auch in den Versuchen von Rußner eine ähnliche Reihenfolge zu erwarten.

2. Forschungen und Ergebnisse.

Schwingende Flammen. VON K. MARBE (*Phys. Ztschr.* 1906, S. 543; 1907, S. 92). Die Schwingungen Königscher Flammen wurden bisher im rotierenden Spiegel beobachtet und die Spiegelbilder photographisch fixiert. Dem Verf. gelang es, die Schwingungen direkt auf einem über der Flamme vorbei bewegten Papierstreifen durch die hier entstehenden Rußflecken sichtbar zu machen. Zunächst wurden die Schwingungen einer Stimmgabel auf eine Königsche Flamme übertragen. Auf der der Öffnung des Resonanzkastens gegenüberliegenden Seite wurde ein kreisrundes Loch von 26 mm Durchmesser ausgesägt und auf diesem die Königsche Kapsel befestigt. Der Resonanzkasten wurde so gestellt, daß die Öffnung unten, die Kapsel mit Membran und Flamme oben, die Stimmgabel seitlich sich befand. Die Flamme kam aus einem Brenner von 1 mm Durchmesser und war 50 mm hoch; mit ihrem oberen 30 mm langen Ende beleckte sie einen Streifen Telegraphenpapier, der unterhalb einer dagegen drückenden Rolle durch einen Elektromotor über der Flamme vorbei bewegt wurde. War die Stimmgabel in Ruhe, so erhielt man einen einfachen grauen Streifen; war sie in Bewegung, so markierten sich die Schwingungen in dem Rußniederschlag außerordentlich scharf und deutlich. Ebenso ließen sich auch die Schwingungen einer Telephonmembran auf eine Königsche Flamme übertragen und graphisch fixieren. Diese Schwingungen wurden

zunächst erzeugt durch den Wechselstrom des städtischen Elektrizitätswerkes; durch Vergleich der hierbei entstehenden Rußbilder mit denen einer Stimmgabel von 200 Schwingungen ließ sich die Wechselzahl ermitteln. Auch die menschliche Stimme ließ sich in dieser Weise graphisch aufnehmen. Die Vokale gaben charakteristische Bilder; ihre Tonhöhen ließen sich gut abzählen. Auch die Rußbilder einzelner Worte wurden aufgenommen, wobei sich die Tonhöhen ihrer Grundtöne bestimmen ließen. Der Verf. ist mit der Konstruktion eines Apparats beschäftigt, der die graphische Aufnahme der Tonhöhen einer längeren gesprochenen Rede ermöglicht, und hofft, daß sich mit einem solchen statistische Untersuchungen über die Melodie der menschlichen Sprache werden anstellen lassen.

Weitere Versuche zeigten, daß sich schwingende Flammen auch ohne Vermittlung der Königschen Kapsel direkt mittels Luftübertragung erzeugen lassen. Der Verf. brachte die 40 mm hohe Flamme eines Gasbrenners von 0,5 mm Durchmesser zwischen die Zinken einer Stimmgabel und beobachtete den über die Zinken hinausragenden Teil der Flamme im rotierenden Spiegel. Es zeigt sich Kurven von gleichem Charakter wie die, welche die Königschen Flammen im rotierenden Spiegel erzeugen. Nahe der Flamme gesungene Klänge zeigten ähnliche Kurven. Die Rußmethode ließ sich auch hier anwenden; die Schwingungszahlen wurden auf einem Papierstreifen deutlich wiedergegeben. Als Gas diente Azetylen; zur Aufzeichnung der Zeit diente eine zweite Flamme, die, wie oben beschrieben, mit einem Telephon und dem städtischen Wechselstrom verbunden war. Auch die Schwingungen von Dochtflammen (Petroleum, Terpentin) ließen sich aufnehmen, wenn der Papierstreifen etwa 15 mm über der Flammenspitze hinweggezogen wurde. Die Schwingungen einer Flamme konnten auch direkt durch die Luft auf eine andere Flamme übertragen werden. War eine Flamme *a* wie oben mit Telephon und Wechselstrom verbunden, so zeichnete eine 20 mm von *a* entfernte Flamme *b* auf dem Papierstreifen die Rußbilder auf. War *a* nicht entzündet, so zeichnete *b* nur einen grauen Streifen; die Einwirkung erfolgte also nur von Flamme zu Flamme.

Im Anschluß hieran seien die Untersuchungen von C. F. LORENZ über die Wirkungen der elektrischen Entladung auf die Azetylenflamme erwähnt (*Phys. Ztschr.* 1907, S. 20). Die Elektroden eines Induktoriums, dessen Primärleitung mit Wechselstrom gespeist wurde, waren Messingdrähte von 3 mm Durchmesser; ihre abgestumpften Spitzen befanden sich am Fuße bzw. in der Mitte der Flamme. Jede Entladung war von einer Verkürzung und Aufhellung der Flamme begleitet; im rotierenden Spiegel erblickte man den Königschen ähnliche Flammenbilder, die sich auch photographisch aufnehmen ließen. Bestimmungen der Lichtstärke ergaben, daß diese von 7,5 Kerzen bis zu einem Grenzwert von 38,0 Kerzen anstieg, wobei 122 Watt (etwa 4 Watt pro Kerze) an die Flamme abgegeben wurden. Bei Benutzung von Gleichstrom erhielt man ein fast geräuschloses stetiges Licht. Die einen Strom tragende Azetylenflamme ist eine bequeme Lichtquelle für weißes, an violetten Strahlen reiches Licht. Bei Verwendung von Gleichstrom kann man sie dazu benutzen, um schnelle Änderungen in der Intensität einer Lichtquelle durch schwache Ströme zu bewirken. *Schk.*

Einen durch Schwingungen eines Flüssigkeitstropfens erzeugten Pfeifton beobachtete TERADA (*Phys. Ztschr.* 1906, S. 714). Eine Glasröhre von 5 mm innerem Durchmesser wurde an einem Ende zu einer runden Tülle zusammengeschmolzen, so daß noch eine Öffnung von weniger als $\frac{1}{2}$ mm Weite übrig blieb. Benetzte man die Tülle mit einem Tropfen Flüssigkeit und verband das andere Ende der Röhre mit einem Windkessel, so erhielt man, wenn Luft durch die Tülle geblasen wurde, einen reinen musikalischen Ton, dessen Höhe von den Abmessungen der Tülle, der Menge und Natur der Flüssigkeit, dem Luftdruck und der Neigung der Röhre abhing. Wurde die Röhre von senkrechter Anfangsstellung aus immer mehr geneigt, so stieg die Tonhöhe mit abnehmender Stärke zunächst schnell an. Bei weiterer Neigung sank sie ein wenig, um dann durch mehrere schwache Maxima und Minima bis zur völligen Stille abzuklingen. Bei kleineren Tropfen nahm der Einfluß der Neigung ab. Der Einfluß der Tüllengröße äußerte sich in der Weise, daß bei einem möglichst großen Tropfen sich die Tonhöhe annähernd im umgekehrten Verhältnis wie die $\frac{3}{2}$ te Potenz des Radius der Tüllenöffnung, bei einem möglichst kleinen Tropfen im umgekehrten Ver-

hältnis zum Radius änderte. Bei Anwendung verschiedener Flüssigkeiten (Wasser, Olivenöl, Terpentinöl, Petroleum) zeigte sich, daß die Tonhöhe sich angenähert wie $\sqrt{\alpha/\rho}$ änderte, wenn α die Kapillaritätskonstante, ρ die Dichte der Flüssigkeit ist. Mit dem Druck nahm die Tonhöhe bei großen Tropfen rasch zu; bei kleinen Tropfen war der Einfluß des Druckes geringer, die Höhe erreichte hier ein Maximum. Der Ton entsteht durch die Schwingungen des Tropfens, die sich auch mit dem Mikroskop beobachten ließen; durch Veränderung eines Flammenbildes auf der Tropfenoberfläche ließ sich die Schwingungszahl stroboskopisch messen. Wurden magnetische Flüssigkeiten (Lösungen von Eisenchlorid, Manganchlorid, Nickelchlorid) benutzt, so sank die Tonhöhe, wenn man den Tropfen an die obere Kante der Pole eines Elektromagneten brachte; an der seitlichen Kante stieg die Tonhöhe. Im gleichförmigen Felde wurde die Tonhöhe nur wenig beeinflusst. Der Verf. hält die Methode für geeignet zum Nachweis des Magnetismus von Flüssigkeiten. *Schk.*

Quantitative Untersuchungen über die Thomsonschen Abstoßungsversuche. Im Jahre 1887 beobachtete Elihu Thomson zum ersten Male eigentümliche Abstoßungserscheinungen an mit Wechselstrom gespeisten Elektromagneten; eine auf einen solchen gelegte Kupferplatte wurde gehoben, ein auf einen der Pole gelegter Kupfer- oder Aluminiumring sprang beim Einschalten des Stromes hoch in die Luft u. a. m. Diese Erscheinungen beruhen auf der Induktion des Magneten auf den ihm genäherten eine geschlossene Strombahn darstellenden Leiter, und sind eine Folge der gegenseitigen Einwirkung des induzierenden und des induzierten Stromes aufeinander. Die Versuche lassen sich auch mit intermittierendem — zerhacktem — Gleichstrom anstellen, wie man ihn z. B. mittelst Wehneltunterbrechers erhält; die hierbei obwaltenden Verhältnisse hat A. WINDERLICH (Dissertation, Greifswald 1905) einer eingehenden Untersuchung unterzogen. Die benutzte Versuchsanordnung, schematisch in nebenstehender Fig. 1

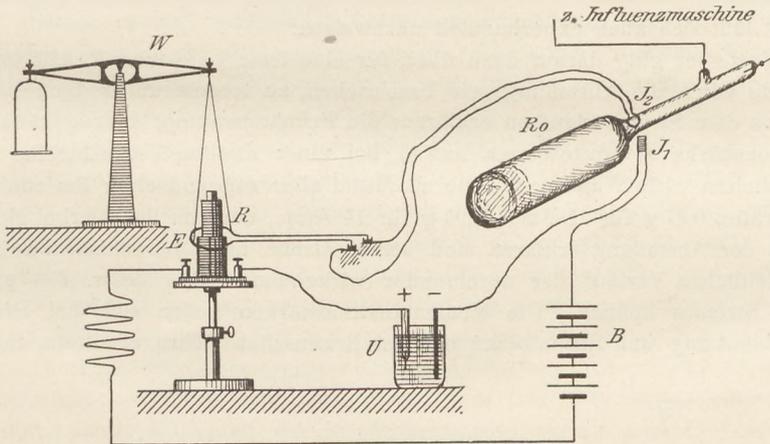


Fig. 1.

dargestellt, war folgende: Als Magnet diente ein solcher, wie er für derartige Zwecke von F. ERNECKE in den Handel gebracht wird, E , bestehend aus einem $\sim 22,5$ cm im Durchmesser habenden Eisendrahtbündel von 22,5 cm Länge, das zunächst unter Freilassung von 2,5 cm am oberen Ende mit 2 Lagen von je 70 Wind. dicken Kupferdrahtes, sodann noch auf den unteren 12 cm mit weiteren 2 Lagen von je 40 Wind. bewickelt ist. Als Abstoßungsobjekt diente ein fast geschlossener Ring R von 9,7 cm Durchm. aus dickem Kupferdraht, der über dem Magneten am einen Arm einer Wage W aufgehängt war, und dessen Enden noch 50 cm wagerecht bis zu zwei Quecksilbernäpfen q_1, q_2 weitergeführt waren. Eine von einer Influenzmaschine gespeiste Braunsche Röhre R_0 war in einem Kreuzstativ nach SIMON & REICH¹⁾ angebracht, unter derselben eine kleine, mit dem Magneten und Unterbrecher U in Reihe geschaltete Indikatorspule J_1 , welche den Fluoreszenzfleck horizontal ablenkt, neben derselben

¹⁾ Physikal. Zeitschr. 2, 284—291, 1901.

ein einzelner, aus dickem Cu-Draht gefertigter und durch ebenfalls dicke Leitungen mit Ring R verbundener Indikatorring J_2 , der den Fleck senkrecht ablenkte.

Zunächst wurde nun die Beschaffenheit des Kraftfeldes des benutzten Magneten ermittelt, indem dieser, wagerecht gelagert, in ein seinem Umriß genau entsprechend ausgeschnittenes, ebenfalls wagerechtes Kartonblatt eingepaßt und mit schwachem Gleichstrom gespeist wurde; sodann wurden Eisen-Feilspäne aufgestreut, nach Ausbildung der Kraftlinien das Kartonblatt vorsichtig abgehoben und nach Ersatz des Magneten durch eine entsprechende Silhouette aus Bleiblech mittelst Röntgenstrahlen das Kraftlinienbild fixiert; zur Ermittlung der Schnittrichtung der Kraftlinien mit dem Ringe R in verschiedenen Höhen desselben waren vor der Aufnahme auf der Unterseite des Kartonblattes zwei den geometrischen Ort für die Durchschnittspunkte des Ringes mit der Blattebene kennzeichnende Messingdrähte befestigt worden. Die Kraftlinien schneiden den Ring hiernach unter sehr verschiedenen Winkeln φ — zwischen 176° und -25° — abstoßend, d. h. parallel der Magnetachse wirkt also immer nur eine Komponente des Feldes K , nämlich $k_y = K \cos \varphi$, und diese kann man mit Hilfe der gezeichneten Anordnung unmittelbar bestimmen und daraus weiter K berechnen, indem man auch durch R einen Gleichstrom bekannter Stärke schiebt und die Abstoßung für die verschiedenen Lagen von R an der Wage mißt. Wurde nun aber E mit Wehneltstrom beschickt, R dagegen kurzgeschlossen und die Meßreihe wiederholt, so ergab sich zwar für $k_w = 0$ dieselbe Lage wie für $k_y = 0$, aber die Örter maximaler Einwirkung lagen in verschiedener Höhe.

Der Grund für diese Verschiedenheit ist der, daß die Abstoßung abhängt von der primären Feldstärke und dem sekundären Strom bzw. dessen Feld, dieser letztere aber bei Gleichstrom für alle Lagen von R gleich, bei Wehneltstrom aber, weil von der Induktion des auch räumlich variablen Feldes herrührend für die verschiedenen Lagen verschieden ist; letzteres läßt sich auch experimentell nachweisen.

Der Verfasser ging darauf dazu über, für eine feste Lage von R , 12,5 cm über dem unteren Ende von E , die Abstoßung, wie beschrieben, zu messen und sodann die beobachtete Wirkung aus dem Stromverlauf zu erklären; die Primärspannung betrug stets 72 Volt, die primäre Stromstärke J_p wurde einmal auf 11, bei einer zweiten Versuchsreihe auf 14 Amp. konstant gehalten. Die Wägung lieferte als Mittel aller während einer Periode auftretenden Momentankräfte, 0,47 g für 11 Amp., 0,95 g für 14 Amp., und um das hierbei sich ergebende Überwiegen der Abstoßung erklären und seiner Größe nach berechnen zu können, muß man den zeitlichen Verlauf der aufeinander wirkenden Kräfte bzw. des primären und sekundären Stromes kennen. Die Momentanstromstärken ließen sich bei Proportionalität zwischen Ablenkung und Stromstärke mit der Braunschen Röhre ermitteln, nachdem diese

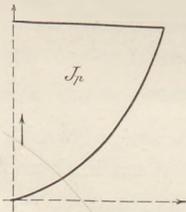


Fig. 2.

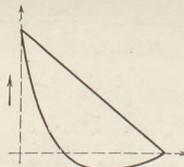


Fig. 4.

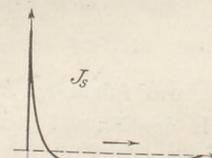


Fig. 3.

geeicht, d. h. die Größe bestimmt war, mit der die Ablenkung multipliziert werden muß, um die zugehörige Stromstärke zu ergeben. So wurde die induzierte Stromstärke J_s in R ermittelt, die sich für $J_p = 11$ Amp. zu $+133,3$ bis $-14,2$ Amp. für $J_p = 14$ Amp. zu $+190,4$ bis $-23,8$ Amp. ergab. Ließ man J_1 und J_2 (siehe Figur) gleichzeitig wirken, so beschrieb der Fluoreszenzleck eine resultierende Kurve, die stillzustehn schien und photographierbar war; um die zusammengehörenden Werte von J_p und J_s zu kennen, müssen aber die komponierenden Kurven im einzelnen bekannt sein, doch genügt es dazu, eine von ihnen bei Ausschaltung der anderen Indikatorspule mit Hilfe eines rotierenden Spiegels zu ermitteln

und sodann diese von der bei Einwirkung beider Indikatorspulen sich ergebenden resultierenden Kurve graphisch zu subtrahieren. Verf. wählte für ersteren Zweck J_p und entwarf die entsprechende Kurve mittelst einer unmittelbar auf der Achse eines Elektromotors befestigten belegten Spiegelscheibe und einer Linse auf eine mit Koordinateneinteilung versehene Mattglasscheibe, die resultierende Kurve wurde durch Feststellung möglichst vieler Punkte mit Hilfe eines Mikroskopes in der oben beschriebenen Weise bestimmt; die Kurve für J_p wurde dann auf gleiche Größe reduziert, indem die Maximal-Abszissen gleich den früher für den benutzten Primärstrom von 11 bzw. 14 Ampere ermittelten Maximalablenkungen (s. o.) gemacht wurden. Die Form der J_p -Kurve zeigt Fig. 2, die eigentümliche Gestalt der resultierenden Kurve Fig. 3, die daraus mit Hilfe von Fig. 2 abgeleitete J_s -Kurve Fig. 4, und man sieht daraus, daß J_s seine Richtung wechselt — daher auch die doppelten Angaben für den Sekundärstrom oben. — Aus den gemessenen Stromstärken ließ sich schließlich der resultierende Mittelwert der Abstoßungskraft berechnen, und es ergab sich eine ziemlich gute Übereinstimmung mit den beobachteten Werten. Auf die weiteren theoretischen Erörterungen des Verfassers kann hier nicht näher eingegangen werden. B. v. Cz.

3. Geschichte und Erkenntnistheorie.

Die Physik Roger Bacos. In einer Inaugural-Dissertation (105 S., Erlangen 1906) hat SEBASTIAN VOGL die physikalischen Leistungen des hervorragendsten Vertreters der naturwissenschaftlichen Richtung der Scholastik einer gründlichen und sorgfältigen Bearbeitung unterzogen. Eine solche Bearbeitung ist dadurch erschwert, daß die Quellen des Wissens jener Zeit (des 13. Jahrhunderts) teils bei den Alten, teils bei den Arabern zu suchen sind, und daß demnach die Forschungen auch auf diese ausgedehnt werden müssen, wenn man entscheiden will, wieviel an den vorhandenen Leistungen selbständig und wieviel entlehnt ist. In drei Abschnitten werden der Bildungsgang Bacos, die Quellen für seine Physik und die Physik Bacos selbst behandelt. Wir beschränken uns in diesem Bericht in der Hauptsache auf einige Mitteilungen aus dem dritten Teil.

Roger Bacon (wie sein Name auf englisch lautet) ist der erste, der das Wort Experimentalwissenschaft (*scientia experimentalis*) gebraucht, er versteht darunter indessen nicht ganz das, was wir heute damit bezeichnen, nicht eine auf Experimente gegründete, sondern eine auf Erfahrung begründete Wissenschaft [dies ist auf S. 17 der Schrift zu wenig betont]. Er hat auch das volle Bewußtsein von der Bedeutung dieser Wissenschaft und verspricht sich von ihr die wunderbarsten Leistungen, die erst eine späte Nachwelt verwirklicht hat: Wagen, die von keinem Tier gezogen werden und mit unglaublicher Gewalt daher fahren, Schiffe, die von einem einzigen Menschen regiert werden, Flugmaschinen u. dgl. m., doch liegen alle dem keine wirklichen Erfindungen zugrunde. Was Bacon selbst in seinem *Opus majus* als Beispiel der Leistungsfähigkeit der Experimentalwissenschaft angibt, beschränkt sich auf die Erklärung des Regenbogens. Er bleibt zwar hierin selbst hinter seinem Zeitgenossen Theodorich von Freiburg zurück, der den Weg des Lichts im Regentropfen bereits richtig beschreibt, während Bacon nur von Reflexion spricht. Aber doch hat gerade diese [vom Verf. nicht genug gewürdigte] Erklärung Bacos das Verdienst, daß sie die Methode deutlich erkennen läßt, auf die Bacon so überaus große Hoffnungen setzte. Diese Methode ist eine induktive, sie besteht darin, daß die verschiedenen Erklärungsmöglichkeiten aufgesucht und die unzutreffenden an ihrem Widerspruch mit der Erfahrung als unbrauchbar erkannt werden. Näher darauf einzugehen, ist hier nicht der Ort, doch sei bemerkt, daß in diesem Punkte Roger Bacon das Verdienst seines Namensvetters, des Kanzlers Bacon von Verulam, zum guten Teil vorwegnimmt.

Roger Bacon ist dem späteren Kanzler aber weit voraus darin, daß er den Wert der Mathematik für die Lösung physikalischer Fragen richtig einschätzt. Er widmet dem Gegenstand in seinem *Opus majus* einen besonderen Traktat und beschäftigt sich namentlich eingehend mit der Reflexion und Refraktion des Lichts. Diese Erscheinungen behandelt er

im engern Anschluß an die Alten und besonders auch an Alhazen; er konstruiert die Bilder im Konkav- und Konvexspiegel, und erörtert namentlich die von Alhazen entdeckte Eigenschaft des parabolischen Hohlspiegels, alle parallel der Achse auffallenden Strahlen im Brennpunkt zu vereinigen.

Besonders beachtenswert sind die Vorstellungen, die sich Bacon über die Ausbreitung des Lichts und der Farben im Medium macht. Wir stehen nicht an, den Traktat „*de multiplicatione specierum*“, der von dieser Ausbreitung handelt, für die bedeutsamste und wertvollste unter allen Schriften Bacons zu erklären. Bacon antizipiert damit Vorstellungen, die erst eine viel spätere Zeit zur Reife gebracht hat. Als Spezies wird die Wirkung des Lichts an einer Stelle im Medium bezeichnet; die Spezies ist dem Agens und Generans, d. i. dem erzeugenden Lichte, ähnlich, sie pflanzt sich aber nicht durch Emission fort, sondern sie entsteht beständig durch *inmutatio* und *eductio* aus der Materie des Patiens, d. i. des Mediums. Bacon denkt sich die Übertragung der strahlenden Kraft so, daß zunächst ein Teilchen angeregt wird und die Anregung sich von diesem auf die nachfolgenden Teilchen fortpflanzt. Die Spezies wird dabei als räumlich bezeichnet, auch als materiell, aber nicht als Körper, sie ist demnach ein Zustand, der sich von Ort zu Ort durch das Medium ausbreitet. Die Vorstellung Bacons berührt sich, wie man sieht, sehr nahe mit den neueren Vorstellungen über die Ausbreitung der Wirkungen im Medium, sie knüpft an aristotelische Anschauungen an, ist aber, insofern sie eine *multiplicatio* annimmt, wesentlich davon verschieden. Dies zeigt sich auch darin, daß nach Bacon das Licht zur Ausbreitung Zeit braucht, während es sich nach Aristoteles momentan fortpflanzt. Auch bezüglich des Sehaktes hat Bacon eine originelle, über die Vorgänger hinausgehende Ansicht. Die vom Gegenstande ausgehenden Strahlen gehen senkrecht zu der gewölbten Oberfläche des Auges durch diese hindurch und bilden demnach einen Kegel, dessen Spitze im Mittelpunkt des Auges liegt. Durch diesen Kegel werden die Punkte des Objekts in verkleinertem Maßstabe, aber in derselben Anordnung wie am Objekt selbst auf die Linse projiziert. Das Rätsel, wie nun die Wahrnehmung dieses Bildes vor sich geht, löst Bacon, indem er eine beseelte Strahlung annimmt, die dasselbe für die Seele bedeutet wie die Spezies für die Lichtquelle; diese Strahlung gehe von der Linse aus und erstrecke sich durch das Medium hindurch bis zum Objekt. „Auf das Auge können nur die Spezies von Licht und Farben wirken. Wie kann nun Lage, Gestalt, Größe usw. im Auge empfunden werden, wenn nicht vom Auge selbst eine fühlende Spezies ausgeht?“ „Wie jedes Naturding seine Wirkung durch eigene Kraft vollbringt, so erkennt auch das Auge durch seine eigene Kraft ein Ding, das außerhalb seiner liegt.“ Der Verfasser findet diese Ansicht merkwürdig und weiß sie sich nur aus dem Einflusse der Lehren des Plato und Augustin und aus dem neuplatonischen Standpunkt Bacons zu erklären. Wir glauben, daß man gerade auch in diesen scheinbar phantastischen Vorstellungen ein Zeugnis für den erstaunlichen Scharfblick und den Wirklichkeitssinn des „wunderbaren“ Doktors zu sehen hat. Bacon hat klar erkannt, daß die Spezies, die von den Körpern ausgehen, nur die Empfindung von Licht und Farbe vermitteln können; er erfaßt daher auch mit völliger Schärfe das Problem des gegenständlichen Sehens, das uns das Objekt als ein nach Lage, Größe und Raumgestalt bestimmtes zum Bewußtsein bringt. Erst die neuere physiologische Optik hat gezeigt, inwiefern seelische Tätigkeiten zu dem Zustandekommen der Vorstellung eines räumlichen Objekts erforderlich sind. Das Problem exakt zu lösen, war Bacon nicht imstande; aber er sah, daß es sich um eine seelische Aktion handeln müsse. Dies mag der Sinn der „seelischen Strahlung“ sein, die keineswegs als ein materieller Ausfluß gedacht ist. Sprechen wir nicht noch heut davon, daß wir die Ursache des Empfindungseindrucks in den Vorstellungsraum hinausprojizieren? So mag uns klarere moderne Erkenntnis die Ahnungen der Vergangenheit verstehen lehren.

Die Größe Bacons liegt darin, daß er die Welt nicht nach vorgefaßten Begriffen, sondern am Leitfaden der Wirklichkeit beurteilte, daß er mit einer genialen Divinationsgabe versuchte, seine Gedanken den Tatsachen anzupassen. Freilich, ein Rafael ohne Arme, ein

Riese mit gebundenen Gliedern, ein Moses, der das gelobte Land nur von weitem sah. Er spottete seiner scholastischen Fesseln, ohne sich doch von ihnen frei machen zu können, er erkannte die wahre Methode der Naturforschung, ohne sie doch selbst schon handhaben zu können.

Eine Würdigung der Persönlichkeit Bacons, die auch den positiven Zügen in seinen Leistungen voll gerecht würde, steht noch aus; als eine Vorarbeit dazu muß die vorliegende Schrift willkommen geheißen werden. P.

Die Energetik und das Gesamtbild der Welt. In einem Vortrage „Über die Grenzen des Naturerkennens“ (Hamburg, L. Graefe & Sillern, 1906) hat J. CLASSEN das berühmte von du Bois-Reymond aufgestellte Ideal der Weltformel, aus der sich die gesamte Vergangenheit und Zukunft mit mathematischer Sicherheit herausrechnen ließe, einer Kritik im Lichte der mittlerweile aufgekommenen Energetik unterzogen. Die ausnahmslose Giltigkeit des Gesetzes der Erhaltung der Energie mache uns auch heut noch geneigt, ein jenem Ideal entsprechendes einheitliches Gesamtbild der Welt für erreichbar zu halten. Der Ablauf der Naturvorgänge sei aber außer durch das Energiegesetz auch durch das Prinzip der kleinsten Wirkung bestimmt, dessen Giltigkeit unbestreitbar sei, dessen Notwendigkeit aber selbst der Laplacesche Geist du Bois-Reymonds nicht einzusehen vermöchte. Dazu tritt als ein weiteres Gesetz von gleicher Allgemeinheit noch der zweite Hauptsatz der Wärmetheorie, den Planck in die einfache Formel gebracht hat: Es gibt nichtumkehrbare Prozesse. In der Natur zeigt sich erfahrungsgemäß im Ablauf der Erscheinungen eine bestimmte Richtung, und das ist etwas, was wir aus mechanischen Erklärungen niemals ableiten können. Wir können wohl in jedem einzelnen Falle sagen, hier verläuft eine Bewegung in dieser bestimmten Richtung, aber wir können niemals einsehen, warum sie ein anderes Mal nicht ebenso gut in entgegengesetzter Richtung laufen kann. Die Anerkennung des zweiten Hauptsatzes erscheint mit dem du Bois-Reymondschen Ideal einer vollständigen mechanischen Naturerklärung nur vereinbar, wenn man neben den sichtbaren Bewegungen noch unsichtbare annimmt, zu denen vor allem die Wärmebewegungen gehören. Man kann sich dann vorstellen, daß die sichtbaren Bewegungen nur einen unendlich kleinen Teil der ganzen vorhandenen Bewegung ausmachen, so daß jedesmal eine unendlich nahe an Gewißheit grenzende Wahrscheinlichkeit dafür vorliegt, daß der Energieaustausch zwischen den sichtbaren und den unsichtbaren Bewegungen in der Richtung auf die letzteren hin erfolgt. Nur mit Hilfe solcher Wahrscheinlichkeitsregel fügt sich der zweite Hauptsatz in ein mechanisches Weltbild ein — aber auch nur für einen Laplaceschen Geist, der die unsichtbaren Bewegungen mit zu überblicken imstande wäre. Für unser mechanisches Weltbild dagegen wird stets die Beschränkung bestehen bleiben, die ihm durch die Begrenztheit unsrer Sinneswahrnehmungen in der erwähnten Hinsicht auferlegt ist. Daraus ergibt sich aber, daß der wirkliche Fortschritt der Naturwissenschaft durchaus nicht in der Richtung nach dem du Bois-Reymondschen Ideal hin geschieht, sondern daß dieses Ideal vielmehr bereits im Bereich der anorganischen Welt zu verwerfen ist.

Insofern durch den zweiten Hauptsatz eine wirkliche, für das mechanische Erkennen unübersteigliche Grenze gegeben ist, bezeichnet ihn der Verfasser mit einem bereits von Reincke in etwas anderem Sinne gebrauchten Ausdruck als Dominante: der zweite Hauptsatz der Wärmetheorie ist eine Dominante der anorganischen Welt. Um der Willkür in der Einführung von Dominanten vorzubeugen, stellt er drei Forderungen auf, denen eine Dominante zu genügen habe. 1. Es muß ein empirisch gefundenes Gesetz sein. 2. Aus der Formulierung des Gesetzes muß ersichtlich sein, daß es sich niemals aus mechanischen Zusammenhängen folgern läßt. 3. Die Anerkennung des Gesetzes muß sich als fruchtbar zum Auffinden neuer Beziehungen erweisen.

Der Verfasser weist nun weiter nach, daß sich im Bereich des Organischen eine Dominante des Lebens aufstellen läßt, die ebenfalls jenen drei Forderungen genügt, und die sich völlig analog neben die Dominante der anorganischen Welt stellt. Wie die Einsicht in die Unmöglichkeit eines Perpetuum mobile zur Anerkennung des zweiten Hauptsatzes geführt hat, so dürfte die wachsende Einsicht in die Unmöglichkeit der Entstehung des Lebens

aus Anorganischem (die in der Bakteriologie bereits zur unbedingten Forschungsmaxime geworden ist) zur Anerkennung einer Dominante des Lebens führen. Die Richtigkeit dieser Betrachtung zugegeben, müßte es unfraglich von hohem Interesse sein, wenn es der Physik vorbehalten sein sollte, auf diese Weise auch Licht auf das Problem des organischen Lebens zu werfen. Den Naturforschern, die sich einbilden, das Wunder des Lebens sei aus mechanischen Prinzipien zu erklären, wird der Physiker entgegnet mit dem Hinweis: Ihr habt da mit Etwas zu tun, was sich ebensowenig mechanisch erklären läßt wie der zweite Hauptsatz der Wärmetheorie in der anorganischen Welt. —

Auf ähnliche Bahnen wie die von dem Physiker CLASSEN eingeschlagenen führen die Darlegungen eines Arztes, Dr. med. H. HERZ in Breslau über „Energie und Richtkräfte“ (*Ann. der Naturphilosophie, Bd. V, Heft 4, 1906*). In der Welt finden beständig Energieverwandlungen statt; aber die Art der Verwandlung einer Energieform hängt von der Struktur der Gebilde ab, die sie durchläuft. So erfährt der Lichtstrahl in einem Kristall, den er durchsetzt, gewisse Veränderungen, die auf eine richtende Wirkung des Kristallkomplexes zurückgeführt werden müssen. Ebenso hängt von der Struktur der Glühlampe die Überführung von elektrischer Energie in Lichtenergie ab, wobei allerdings die Struktur selber unter der Einwirkung des Energiestroms allmähliche Veränderungen erfährt. In jedem Fall gibt es neben den Energien noch Richtkräfte, beide in ihrer Kombination erst bewirken das Weltganze. Beide Kraftformen sind voneinander abhängig, ohne daß allem Anschein nach eine Verwandlung der einen in die andere stattfände; wohl aber sind Richtkräfte dem Entstehen und Vergehen unterworfen, ähnlich wie es bei den höheren Richtkräften im Bereich des Organischen der Fall ist. Das Problem, den weiteren Verlauf des Weltganzen vorherzusagen, wenn man alle vorhandene Energien in ihrer augenblicklichen Verteilung kennt, sei unlösbar; es würde aber wahrscheinlich lösbar, wenn wir außerdem noch sämtliche vorhandenen Richtkräfte zu beurteilen verstünden.

Die Wirkungsweise der Richtkräfte ist eine doppelte; einerseits bilden sie eine Struktur, indem an bestimmter Stelle des Raumes ein Anteil der Gesamtenergie gewissermaßen festgelegt, transformiert und mit andern Energien verknüpft wird; andererseits üben sie nach Bildung der Struktur eine richtunggebende und transformierende Wirkung auf die von außen hinzutretenden Energien aus. In der ersteren Beziehung ist die wichtigste und primärste Zusammenkoppelung durch die Richtkräfte die Bildung eines Körpers; diese besteht in der Verbindung einer bestimmten chemischen Energieform mit einer bestimmten Masse (gleich Kapazität der Bewegungsenergie) und einer zu ihr proportionalen Menge von Gewichtenergie. Weiterhin finden sich in der anorganischen Welt auch Juxtapositionen und Superpositionen solcher Komplexe. In den organischen Gebilden werden diese Komplexe durch übergeordnete Richtkräfte zu höheren Strukturen zusammengefaßt. Endlich aber treten im menschlichen Seelenleben Richtkräfte besonderer Art auf, die auf organisierte Körper ebenso wirken wie die organisierenden Kräfte auf die anorganische Körperwelt. Es ist eine gut gestützte Annahme, daß jedem seelischen Vorgang im Gehirn ein energetischer parallel geht. Dieser psychophysische Parallelismus ist aber nur möglich, wenn unser Vorstellungsleben und jene Energien denselben Richtkräften folgen. „Was sich in den Dingen abspielt, wie sich im Innern eines Steins Arbeits- und Richtkräfte zueinander verhalten, das wissen wir nicht, solange es nicht nach außen wirkt. Nur von einem einzigen Komplex, unserm eigenen Ich, kennen wir auch, und in mancher Beziehung besser als die äußere, die innere Seite, das subjektive Leben“.

In objektiver Hinsicht äußern sich diese seelischen Richtkräfte in doppelter Richtung; einmal in dem Triebe auf Erhaltung des Individuums und der Gattung, dann aber in einem Betätigungsdrang der Außenwelt gegenüber. Die ganze Erdoberfläche zeigt die Wirkung solcher richtenden Kräfte, die im Gehirn der Menschen und aus ihm heraus wirken.

In subjektiver Hinsicht läßt sich auf der Annahme der Richtkräfte eine Theorie der Psychologie aufbauen, zu der der Verfasser in seinem kurzen Abriss wertvolles Material beibringt. So sprechen wir von Aufmerksamkeit, wenn sich die Vorstellungen streng nach den

Tendenzen einer Richtkraft bewegen, die aus dem Kampfe ihrer Schwestern als Siegerin hervorgeht. Auch auf das Wollen und auf den Zweckbegriff fällt vermöge dieser Betrachtungsweise ein neues Licht. Doch begnügen wir uns mit dem Hinweis, daß auch hier wieder klare physikalische Begriffe das Mittel liefern, um zu einem umfassenden, mehr als bloß physikalischen Weltbilde zu gelangen. Der Verfasser hat die Absicht, seine Betrachtungsweise einem größeren Werke über psychologische Vorgänge im kranken Menschen zugrunde zu legen; es wird auch für Physiker von Interesse sein, diesen Untersuchungen zu folgen. P.

4. Unterricht und Methode.

Die neue Bewegung unter den Physikern in den Vereinigten Staaten. 2. Teil¹⁾. Der *Joint Report of the Six Committees on the Definition of the Units in Secondary Science* führt die unbefriedigenden Ergebnisse des naturwissenschaftlichen Unterrichts auf zwei allgemeine Ursachen zurück, auf falsche Auffassungen, die Lehrer und Behörden von der Bedeutung und dem Wesen der Naturwissenschaften und von den Zielen des naturwissenschaftlichen Unterrichts haben, und auf fehlerhafte Einrichtungen des Schulwesens.

Die falsche Vorstellung, daß die Aneignung von Wissen das Hauptziel sei, während doch der Schüler lernen sollte, wie man Kenntnisse erwirbt, wie man noch ungelöste Aufgaben angreift und erledigt, führe zu verkehrten Prüfungsanforderungen und zu Lehrverfahren, die dem Geist der Naturwissenschaften durchaus widersprechen. Die besten Unterrichtserfolge erziele man, wenn man die Lehrstoffe in Probleme umgestalte und demgemäß behandle. Die irrige Meinung, daß die Fassungen der Naturgesetze endgültig seien, während sie doch nur wandelbare menschliche Auslegungen unveränderlicher Naturerscheinungen sind, verführe die Lehrer dazu, die Schüler solche Auslegungen der Erscheinungen bestätigen zu lassen, statt ihnen die Möglichkeit zu gewähren, eigene Auslegungen zu finden. Falsch sei auch die Auffassung, daß der niedere Unterricht ebenso wie der höhere die Fähigkeit ausbilden sollte, moderne Theorien und die allerneuesten Spekulationen auseinanderzusetzen, man müsse vielmehr auf die Beherrschung der Tatsachen und ihrer Beziehungen hinarbeiten und das Vermögen entwickeln, diese Beziehungen durch Theorien und Hypothesen zu erklären, und die Geschicklichkeit, dies Wissen anzuwenden. Jene falsche Auffassung erwecke in dem Schüler, der nicht einmal einen Ofen anstecken oder eine Heizanlage verständlich beschreiben kann, die Einbildung, daß er etwas über Wärme wüßte, wenn er gelernt hat, sie als kinetische Energie der Moleküle zu definieren. Dieser Irrtum veranlasse die verfrühte Einführung zahlreicher abstrakter Vorstellungen und ertöte damit die Fähigkeit, konkrete Realitäten wahrzunehmen, zu verknüpfen und zu ordnen. Eine weitere falsche Auffassung verleite den Lehrer, zu früh Strenge und Logik auf Kosten der Anschauung zu betonen und Beweise von Sätzen zu verlangen, deren Wahrheit der Schüler sofort erschaut. Ein böser Unterlassungsfehler sei es, die Geschichte der großen Männer der Wissenschaft und die Hervorhebung ihrer Verdienste um die Menschheit zu vernachlässigen.

Von den Fehlern der Schulverwaltungen seien folgende hervorgehoben: Es würde naturwissenschaftlicher Unterricht Lehrern übertragen, die nicht ausreichend vorgebildet sind. Die Schulbehörden übersähen die Tatsache, daß die Vorbereitung von Demonstrationsexperimenten, die Pflege der Laboratoriumsapparate, die Durchsicht der Schülerübungshefte einen ungeheuren Aufwand von Zeit und Arbeit erfordere, der noch zu den Arbeiten im Studierzimmer und in der Bibliothek hinzutritt, die die Lehrer der Naturwissenschaften im gleichem Maße wie die Lehrer der übrigen Fächer zu leisten haben. Die Behörden erkannten die Tatsachen nicht an, daß die Vorbereitung und Leitung der Schülerübungen einen großen Arbeitsaufwand erfordern, daß für den Laboratoriumsunterricht unbedingt Doppelstunden notwendig sind, und daß ein Lehrer bei den Übungen die Versuche nur einer beschränkten Anzahl von Schülern leiten kann.

¹⁾ Vgl. ds. Zeitschr. 20, 189; 1907.

In dem weiteren Verlauf der Reformbewegung wandte sich die Kommission, die sich allmählich durch Abgeordnete anderer Vereine verstärkte, in einer Reihe von Rundschreiben an die einzelnen Lehrer der Physik, um deren Urteile über die verschiedenen Reformfragen einzuholen und die Antworten zusammenzufassen und zu veröffentlichen. Da stets die Tüchtigsten in der Minderzahl sind, so darf man die Stimmen nicht zählen, sondern muß sie wägen. Dies geschah aber zunächst nicht, und die ersten Umfragen lieferten daher Ergebnisse, die nicht ohne weitere Bearbeitung verwertbar waren. Trotzdem bietet das ganze Verfahren einen überaus lehrreichen Einblick in die pädagogischen Ansichten und Bestrebungen der nordamerikanischen Physiklehrer und -Lehrerinnen.

Die erste Umfrage (*School Science* 6, 198; 1906. *School Review* 14, March 1906) hatte zunächst den Zweck, ein Verzeichnis von etwa 60 Schülerübungen aufzustellen, denen eine große Zahl von Lehrern zustimmt. In der Umfrage war eine Liste von 100 Versuchen abgedruckt, die auf zwei älteren Verzeichnissen der *North Central Association of Colleges and Secondary Schools* und der *National Educational Association* beruht. Das Ergebnis wurde in dem zweiten Rundschreiben (*School Review* 14, June 1906, unvollständig in *School Science* 14, 422; 1906) mitgeteilt. Den größten Anklang¹⁾ haben folgende 47 Übungen gefunden:

1. Masse der Raumeinheit, 2. Auftrieb des Wassers, 3. Dichte eines Körpers, der schwerer als Wasser ist, 4. Dichte von Holz (mit Senker), 5. Gewicht des verdrängten Wassers, 6. Dichte einer Flüssigkeit, 7. Zweiseitiger Hebel, 8. Schwerpunkt des Hebels, 9. Einseitiger Hebel, 10. Drei Kräfte in einer Ebene, 11. Schiefe Ebene, 12. Rollen, 13. Pendel, 14. Boylesches Gesetz, 15. Barometer, 16. Prüfen eines Thermometers, 17. Lineare Ausdehnung, 18. Spezifische Wärme, 19. Schmelzwärme des Eises, 20. Verdampfungswärme, 21. Relative Feuchtigkeit, Taupunkt, 22. Siedepunkt und Spannung, 23. Wellenlänge durch Resonanz, 24. Schwingungszahl einer Stimmgabel, 25. Elektrostatische Erscheinungen, 26. Magnetische Erscheinungen, 27. Magnetisches Kraftfeld (Eisenfeilspäne), 28. Voltascher Becher, 29. Daniellsches Element, 30. Batterieschaltung, 31. d'Arsonval-Galvanometer, 32. Induzierte Ströme, 33. Widerstand durch Substitution, 34. Wheatstonesche Brücke, 35. Elektromagnet, 36. Elektrische Klingel, 37. Telegraphen-Apparate, 38. Elektromotor, 39. Dynamo, 40. Ebene Spiegel, 41. Sphärische Spiegel, 42. Brechungsquotient des Glases, 43. Brennweite einer Sammellinse, 44. Konjugierte Brennweiten, 45. Relative Größe von Gegenstand und Bild, 46. Virtuelles Bild, 47. Photometer.

Die Ergebnisse folgender Übungen wurden in mehreren Antworten als nicht befriedigend bezeichnet: 1. Gleichförmig beschleunigte Bewegung, 2. Schiefe Ebene, 3. Reibungskoeffizient, 4. Boylesches Gesetz, 5. Vergleichung von Massen durch Beschleunigungsmessungen, 6. Elastischer Stoß, 7. Oberflächenspannung, 8. Lineare Ausdehnung, 9. Zunahme der Gasspannung bei konstantem Volumen, 10. Zunahme des Gasvolumens bei konstantem Druck, 11. Leistung einer Heißluftmaschine, 12. Spezifische Wärme, 13. Schmelzwärme des Eises, 14. Verdampfungswärme, 15. Verbrennungswärme, 16. Leistung einer Gaskraftmaschine, 17. Leistung eines Wassermotors, 18. Leistung einer Dampfmaschine, 19. Geschwindigkeit des Schalles in freier Luft, 20. Wellenlänge des Schalles durch Resonanz, 21. Schwingungszahl einer Stimmgabel, 22. Brechungsquotient von Wasser, 23. Spektralerscheinungen.

In einem sehr gehaltvollen Brief (*School Science* 6, 628; 1906) unterwirft E. H. HALL diese Auswahl der beliebtesten Übungen einer Kritik, die die sorgfältigste Berücksichtigung verdient. Er spricht sich gegen die schiefe Ebene und die Rollen aus. Man könne am Anfang oder Ende einer quantitativen Übung an einigen interessanten Apparaten qualitative Versuche machen lassen. Er ist gegen das Pendel. Die Übungen mit dem Barometer solle man mit dem Boyleschen Gesetz und die Übung über Siedepunkt und Spannung mit der Thermometerprüfung verbinden. Die qualitative Behandlung elektrostatischer Erscheinungen sei zwar für den Schüler sehr interessant, doch bittet HALL die Kollegen, die für diese Übungen eine praktische Form gefunden hätten, ihr Verfahren mitzuteilen. Ich habe selbst

¹⁾ Die gesperrt gedruckten Versuche sind nicht in dem Verzeichnis der *National Educational Association* enthalten.

vielfach solche Übungsvorlesungen veranstaltet und kann mich auf Grund der wenig befriedigenden Ergebnisse nur dem Wunsche von HALL anschließen. Die Übungen über magnetische Erscheinungen und über magnetische Felder (mit Eisenfeilspänen) sollte man zu einer einzigen zusammenziehen. Über d'Arsonval-Galvanometer, induzierte Ströme, Elektromagnet und elektrische Klingel enthält sich HALL des Urteils. Er weist ferner auf das Fehlen aller Versuche über Reibung hin. Man sollte nicht alle Versuche ausschließen, die mühsam sind und zu keinem endgültigen Ergebnis führen. Von den Übungen, die HALL selbst in der ausgezeichneten *Descriptive List of Elementary Exercises in Physics* beschrieben hat, sollte man die Bestimmung von Widerständen durch Substitution streichen und die Übung über das Gewicht des durch einen schwimmenden Körper verdrängten Wassers durch einen Klassenversuch ersetzen.

Im ersten Rundschreiben war auch die Frage gestellt worden, ob bei den Versuchen Spielzeuge¹⁾ verwendet würden. Es liefen 275 Antworten ein. Es benutzen 115 Spielzeuge, und 76 tun es nicht; 52 sprechen sich gegen den Gebrauch von Spielmaschinen aus, und 41 halten es für einen bewundernswerten Gedanken, sie zu verwenden. An Spielzeugen wurden benutzt: Ballon, Seifenblasen, Kreisel, Purzelaugust, Windmühlen, Cartesiansche Taucher, Loop-the-loop, Marmel, Wasserräder, Pumpen, Hydraulische Ramme, Schleuder, Dampf- und Gasmotoren, Motoren, Dynamos, Telegraphen, Pfeifen, Hörner, Flöten, Farbkreisel, Kaleidoskop.

Das Werturteil über die Schülerübungen, das die Rundfrage ergeben hat, läßt sich etwa folgendermaßen zusammenfassen: Das Laboratorium ist der Ort, wo dem Schüler der Wert, die Bedeutung und die Verfahren des echt wissenschaftlichen Arbeitens eingeprägt werden. Er soll hier lernen, daß man bei jeder Arbeit nur dann gute Ergebnisse erhalten kann, wenn die Schlüsse auf sorgfältigen und vorurteilsfreien Beobachtungen beruhen und mit furchtloser Aufrichtigkeit und völliger Unparteilichkeit gezogen werden. Ferner soll der Schüler erkennen, daß diese Schlüsse nur eng angepaßte Annäherungen sind, so daß er immer bereit ist, falls dies notwendig wird, sie zu ändern oder zu verbessern.

Die Frage, durch welche Mittel man den physikalischen Unterricht anregender gestalten und zu einem wertvollen Erziehungsmittel machen könne, hat eine Fülle von Anregungen ergeben, auf die jedoch nicht im einzelnen eingegangen werden kann. Das Ergebnis läßt sich ungefähr so zusammenfassen: Die Lehrer verstehen nicht ausreichend das Wesen und die Bedürfnisse des jugendlichen Geistes, und sie begreifen zu wenig das wahre Wesen der Naturwissenschaft und die wirkliche Bedeutung ihrer Dienste für die Zivilisation.

Eine weitere Umfrage (*School Review* 14, Nov. 1906; unvollständig *School Science* 6, 696; 1906) sollte ermitteln, wie man den Umfang des Lehrstoffes verringern könne, damit man mehr Nachdruck auf die Denkverfahren und die Entwicklung der Denkkraft zu legen vermöge. Einstimmig wurde festgestellt, daß der übliche Lehrstoff zu groß sei. Die Einzelheiten können hier nicht erörtert werden.

Auf die Frage, wieviel Zeit man auf die Schülerübungen verwenden sollte, sprechen sich von 94 Antworten 5 für ein Fünftel, 28 für ein Drittel, 28 für zwei Fünftel und 33 für die Hälfte der Unterrichtszeit aus.

Von den Antworten auf die Frage, was die Vereine tun sollten, um den Lehrern mehr Freiheit zu verschaffen, damit sie ihren Laboratoriums- und Klassenunterricht verbessern könnten, seien folgende erwähnt: Die Vereine sollten durch eine Agitation die Allgemeinheit, die Schulinspektoren, Direktoren und andere Schulbehörden über die Bedingungen aufklären, die für einen leistungsfähigen Physikunterricht erfüllt sein müssen.

¹⁾ Am Dorotheenstädtischen Realgymnasium werden seit vielen Jahren auch Spielzeuge im Unterricht mit großem Erfolg verwendet, und es besitzt diese Anstalt dafür eine besondere Sammlung, die leider infolge des Raummangels schlecht aufgestellt ist. In dem Nachlaß von SCHWALBE befindet sich eine Notiz, aus der hervorgeht, daß er zu Pfingsten 1901 in dem Verein zur Förderung d. math. und naturw. Unterrichts einen Vortrag über die Verwendung von Spielzeugen im Unterricht halten wollte. Leider verhinderte sein Tod die Ausführung dieses Planes.

Der Lehrer müsse unmittelbar vor jeder Demonstrationsstunde eine freie Stunde haben und ebenso Zeit, die Übungen vorzubereiten. Er sollte ferner wegen der Zeit, die eine ausreichende Pflege der Apparate erfordert, täglich eine Stunde weniger Unterricht erteilen als die Lehrer, die nicht mit Apparaten arbeiten. Es sollte über die wöchentlichen Arbeitsstunden der Physiklehrer und der anderen Lehrer eine Statistik aufgestellt werden und ebenso über die Apparate und die Ausstattung der Schulen, an denen befriedigende Unterrichtsergebnisse erzielt werden. Die Mitgliedschaft eines Vereins sollte dem Lehrer Rang und Stand verschaffen, so daß die Allgemeinheit anerkenne, daß er nicht eine Personalunion von Mechaniker, Zimmermann, Schuldiener und Scheuerfrau (*scrub-lady*) bilden dürfe. Die Vereine sollten dafür wirken, daß für die Übungen Doppelstunden bewilligt werden, und daß in den Lehrplänen der Physik mehr Zeit zugestanden werde.

Die beiden ersten Umfragen hatten ergeben, daß unter den Physiklehrern über die Ziele, Verfahren und Bedürfnisse ihres Unterrichts keine Einigkeit herrscht. Daher arbeitete die amerikanische Kommission unter Berücksichtigung sowohl der Reformvorschläge, die die Unterrichtskommission der Gesellschaft deutscher Naturforscher und Ärzte entworfen hat, als auch der *Conférences du Musée Pédagogique von 1904* zehn Leitsätze aus, die in einem dritten Rundschreiben mitgeteilt, dann umgearbeitet und um einen Leitsatz vermehrt im fünften Rundschreiben (*School Science 7, April 1907*) veröffentlicht worden sind. Der wesentliche Inhalt dieser 11 Leitsätze ist:

1. Der Lehrstoff des gegenwärtigen Elementarkursus in der Physik ist, wenn nicht die Zeit für seine Erledigung um ein halbes Jahr verlängert wird, auf zwei Drittel seines Umfangs zu vermindern. — 2. Bei der Stoffverminderung sollen zunächst die Gegenstände ausgeschieden werden, die die wenigsten Beziehungen haben zum Leben des Schülers und zu den Problemen, die ihm später wahrscheinlich entgegentreten. Die sicherer begründeten Gebiete sollen vor den neueren, noch nicht bewährten Spekulationen den Vorzug haben. — 3. Im Elementarkursus ist das Lehrverfahren wichtiger als der Umfang des Lehrstoffes. Das Lehrverfahren ist so zu gestalten, daß mehr Nachdruck auf die Ausbildung der wissenschaftlichen Denkweise als auf die Beherrschung des Lehrstoffes gelegt wird. Es ist daher besser, wenige Gegenstände so zu behandeln, daß sie die Verfahren, durch die die Wissenschaft ihre Ergebnisse erzielt, wirkungsvoll erläutern, als eine große Zahl mehr oder minder vereinzelter Tatsachen und Theorien nur dem Gedächtnis einzuprägen. — 4. Bei der Verwirklichung des dritten Leitsatzes ist es wichtig, daß man die Definitionen vor ihrer Einführung rechtfertigt. Man muß daher die Vorstellungen, mit denen sich eine Definition befaßt, durch die Erörterung alltäglicher Erfahrungen im Geist des Schülers erst aufbauen und ihn vor der Aufstellung der Definition zu der Einsicht bringen, daß zwischen diesen Vorstellungen eine Beziehung besteht, die die Definition zuläßt. Eine so eingeführte Definition ist als eine Übereinkunft anzusehen. — 5. Im allgemeinen ist es nicht ratsam, ein Gesetz aufzustellen, wenn nicht zuvor die Vorstellungen und Beziehungen, mit denen es sich befaßt, durch die Erörterung allgemeiner Erfahrungen und durch einfache qualitative Demonstrationsexperimente im Geist des Schülers geklärt worden sind. Der Schüler wird ein Gesetz nicht recht würdigen, wenn man ihm nicht vor der Aufstellung des Gesetzes anschauliche und qualitative Vorstellungen von den Beziehungen gegeben hat, die das Gesetz kurz zusammenfaßt. Das Gesetz soll, ehe es ein Gesetz wird, eine Annahme sein. — 6. Der Schüler soll klar erkennen, daß die Laboratoriumsversuche Mittel liefern, Hypothesen in Gesetze zu verwandeln. — 7. Der Schüler soll begreifen, daß jedes Gesetz eine geprüfte Hypothese ist, und daß diese Prüfungen stets mit Fehlern behaftet sind, mithin die Aufstellung eines Gesetzes immer die Aufstellung von etwas ist, von dem wir glauben, daß es unter idealen Bedingungen wahr sei. Er soll ferner verstehen, daß die Messungen, durch die ein Gesetz sozusagen aufgestellt wird, Ergebnisse liefern, die sich um so stärker dem Gesetz nähern, je sorgfältiger die Messungen ausgeführt und je vollständiger die störenden Wirkungen beseitigt worden sind. Man soll ihm auch zeigen, daß in Wirklichkeit ein Gesetz nicht bestätigt wird, wenn man nicht die Reibung, den Luftwiderstand usw. berücksichtigt. — 8. Bei den Schülerübungen ist es oft vorteilhafter, den Nachdruck mehr auf die Be-

stimmung von Leistungen als auf die Bestätigung von Gesetzen zu legen. Solche Arbeiten zeigen klar den praktischen Nutzen der Versuche, verhüten falsche Vorstellungen von dem mechanischen Vorteil der Maschinen usw. und überzeugen den Schüler nachdrücklich von dem Wert quantitativen Wissens. — 9. Man solle möglichst wenig Einheiten verwenden und sie nur einführen, wenn für ihren Gebrauch ein Bedürfnis eintritt, d. h. man soll sie wie die Definitionen und Gesetze im voraus rechtfertigen. Nach diesem Leitsatz wären die abstrakten Einheiten wie Dyne und Erg im elementaren Kursus entbehrlich. — 10. [Dieser Leitsatz behandelt die Prüfungen und ist im wesentlichen nur für amerikanische Lehrer von Wert.] — 11. Den Unterschied zwischen den wirklichen Tatsachen, die Gegenstände des sicheren Wissens sind, und zwischen den angenommenen Tatsachen, die nur durch Nachdenken abgeleitet sind, soll man dem Geist des Schülers klar einprägen. Der Schüler soll z. B. wissen, daß er spekuliert, wenn er die Eigenschaften der Gase mit Hilfe der hypothetischen Gasmoleküle erklärt, und daß er sich mit sicherem Wissen befaßt, wenn er diese Eigenschaften durch erkennbare Merkmale wie Rauminhalt, Druck, Dichte und Warmheit beschreibt. Er soll dazu erzogen werden, zu erkennen, was die ihn umgebenden Dinge tun können, nicht aber dazu, zu denken, er wisse, warum sie es tun, weil er gelernt hat, die Meinungen anderer über den Modus operandi zu wiederholen.

In den Leitsätzen ist die Bildung kleiner Klassen nicht gefordert, obgleich dies die notwendige Bedingung für die leistungsfähigste Betriebsform des physikalischen Unterrichts, d. h. für die organische Verbindung von Klassenunterricht und Schülerübung, ist und zugleich die starre und daher unzweckmäßige zeitliche Trennung des Unterrichts in der Klasse von dem im Laboratorium überflüssig macht. Die Leitsätze können leicht dahin führen, daß in den Übungen das Bestätigungsverfahren das Forschungsverfahren zurückdrängen wird, was ohne Zweifel ein Rückschritt wäre. Die Kommission hat auch nicht erkannt, daß der Schüler in abgekürzter Form noch einmal den Kampf der Menschheit um ein physikalisches Weltbild innerlich durchzufechten hat, sie betont daher einseitig die praktisch wichtigen Probleme, vernachlässigt aber die großen Probleme, „bei deren Lösung die Bahnbrecher menschlichen Naturerkennens die Gedanken an die Tatsachen und die Gedanken aneinander angepaßt haben.“

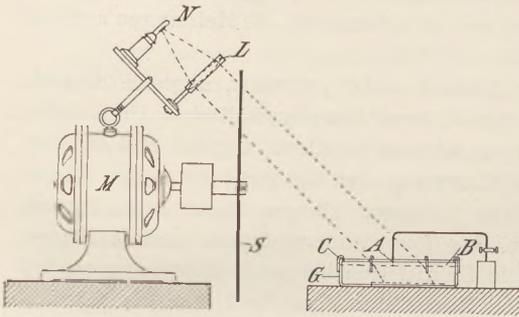
H. Hahn.

5. Technik und mechanische Praxis.

Verwendung der Radiotelegraphie zur geographischen Längenbestimmung (*Petermanns Geogr. Mitteilungen* 52, 261+262; 1906). Während die geographische Breite sich verhältnismäßig leicht bestimmen läßt, sind genaue Längenbestimmungen weit weniger einfach; da es sich dabei um Zeitbestimmungen handelt, insofern der Zeitunterschied für die Kulmination eines bestimmten Gestirns an zwei einander fernen Orten zu bestimmen ist, ist man von der Güte der Uhren abhängig, die wie Schiffschronometer beim Transport garnicht oder nur wenig und in zu bestimmender Weise ihren Gang ändern dürfen. Größere Genauigkeit erhält man, wenn beide Orte telegraphisch miteinander verbunden sind, da man in diesem Falle nur eine Uhr bedarf bzw. eine genaue Kontrolle ausüben kann. Gerade in überseeischen wenig kultivierten Ländern, wo zwecks Herstellung von Karten geographische Ortsbestimmungen besonders nötig sind, konnte man diese letzterwähnte genauere Methode bisher nicht anwenden; nach Versuchen, die vom 24. Juni bis 2. Juli 1906 von Geh. Regierungsrat ALBRECHT vom Kgl. Geodätischen Institut bei Potsdam angestellt worden sind, kann man hierzu mit Erfolg die Radiotelegraphie verwenden. Die Versuche fanden statt zwischen der Großstation Nauen (diese Ztschr. XX, 197; 1907) und dem Brocken, auf 183 km; der mittlere Fehler ergab sich dabei zu $\pm 0,003$ Sek., eine Abhängigkeit der Genauigkeit von der Stromstärke war nicht nachweisbar. Nach den Versuchen vermag diese neue Methode die bisherige, bei der eine Drahtleitung benutzt werden mußte, vollständig zu ersetzen. B. v. Cz.

Verwendung von Kapillarwellen zur Schlüpfungsmessung an Asynchronmotoren. Von H. SCHULTZE (*E. T. Z.* 28, 557+559; 1907). Läßt man zwei Drahtelektroden gerade die Oberfläche einer elektrischen Flüssigkeit berühren und legt an sie eine Wechselspannung an,

so findet infolge der Differenz der Dielektrizitätskonstanten an der Grenzfläche ein Aufsteigen der Flüssigkeit an den Drähten statt, und zwar genau in demselben Rhythmus, wie der Polaritätswechsel erfolgt; bei n Perioden = $2n$ Wechseln also $2n$ -mal; dieses regelmäßige Steigen und Sinken der Flüssigkeit veranlaßt nun die Entstehung sehr kleiner, sog. Kapillarwellen, und zwar treten bei zwei Elektroden gemeinhin zwei Wellensysteme auf, die miteinander interferieren, doch kann man das eine beseitigen, wenn man die eine Elektrode sehr groß macht, und wenn man sie z. B. als Ring aus Stanniol am Rande eines kreisrunden Glasgefäßes anbringt, die Drahtelektrode aber genau in die Mitte eintauchen läßt, so bekommt sehr man schöne reine Kreiswellen. Diese Anordnung verwendet nun SCHULTZE zur Schlüpfungsmessung; unter Schlüpfung versteht man das Zurückbleiben des beweglichen Teiles oder „Rotors“ eines asynchronen Wechselstrommotors gegenüber dem vom Strom im „Stator“, dem feststehenden Teile, erzeugten umlaufenden Drehfeld, und sind zu deren Messung bereits verschiedene stroboskopische Methoden angegeben worden, wie solche auch die hier zu beschreibende ist. Auf der Motorachse (s. Fig.) wird eine stroboskopische



Scheibe S mit soviel Schlitzen, als der Motor Pole hat, angebracht; vor der Scheibe stellt man den Kapillarwellenapparat auf, bestehend aus der Glasschale G mit den Elektroden A und B , letztere durch Klammern C gehalten, und auf dem Motor bringt man eine Lichtquelle — Nernstlampe — N mit Linse L so an, daß das Strahlenbündel gerade durch die Schlitze — bei richtiger Scheibenstellung — auf die Flüssigkeit in G fällt. Schließt man A und B an dieselbe Stromquelle an und setzt M in Betrieb, so sieht man infolge eben

der Schlüpfung dunkle Ringwellen scheinbar langsam von A fortwandern; passieren pro Sekunde a Ringe an einer festen Marke vorüber, und ist n die Wechselstromfrequenz, dann ist die Schlüpfung in Proz.: $s = a \cdot 100 / 2n$. Bei $n = 50$, wie meist üblich, kann man noch Schlüpfungen von 4 Proz. entsprechend $a = 4$ bestimmen; noch größere Schlüpfungen sind folgendermaßen meßbar. Bei einzelnen Flüssigkeiten ist die Hebung an den Elektroden polar verschieden; so ist sie bei reinem Wasser bei negativer, für Terpentinöl bei positiver Polarität größer, so daß bei der hier verwendeten Anordnung Wellen von abwechselnd großer und kleiner Amplitude auftreten, gewissermaßen zwei Wellensysteme von je n Wellen pro Sekunde; versieht man nun S nur mit halbsoviel Schlitzen als Pole am Motor, und macht diese so breit, daß die Beleuchtung jedesmal $1/2n$ Sekunde dauert, so kommt nur das System der großen Amplituden zur Geltung, und man erhält die Schlüpfung als $s = a/n \cdot 100$, bei $a = 4$ also zu 8 Proz. Die Wellen sind sehr scharf und lassen sich gut photographieren; sie erfordern aber, wenn sie eine merkliche Amplitude erhalten sollen, eine bestimmte Höhe der effektiven Wechselspannung, so bei Verwendung destillierten Wassers 200–4000 Volt, und zwar sind sie bei 200 Volt noch schwach, bei 4000 in der Elektrodennähe schon nicht mehr ganz regelmäßig, am besten sind 500 Volt. Bei Terpentinöl liegt die günstigste Spannung zwischen 5000 und 8000 Volt; man kann auch durch Anwendung eines Fernrohres in 1,5 m Abstand von G die schwachen Wellen bis herab zu 90 Volt sichtbar machen; es empfiehlt sich aber, allgemein Meßtransformatoren zur Spannungserhöhung zu verwenden und die beste Spannung mit vorgeschalteten regulierbaren Flüssigkeitswiderständen — engen U -Rohren mit Wasser bzw. Terpentinöl — einzustellen. Der Energieverbrauch zur Erzeugung der Wellen ist sehr klein, der hindurchgehende Strom selbst bei Wasser sehr schwach, bei 500 Volt $\sim 0,0003$ Amp. Die Methode ist auch brauchbar zur Bestimmung der Polwechselzahl hochgespannter Ströme. Man kann übrigens Kapillarwellen auch mittelst elektrischen Windes erzeugen, wenn man A nur der Oberfläche nähert und zwischen B und dem anderen Pol der Elektrizitätsquelle einen hohen Widerstand schaltet, denn der elektrische Wind ist bei negativer Polarität stärker als bei positiver.

Biegou von Czudnochowski.

Neu erschienene Bücher und Schriften.

Handbuch der Physik. Herausgegeben von Prof. Dr. A. Winkelmann. Zweite Auflage. Erster Band, erste Hälfte: Allgemeine Physik. Mit 164 Abbildungen. Leipzig, Johann Ambrosius Barth, 1906. 544 S. M 17,—.

Dieser in der vorliegenden 1. Hälfte durchweg von F. Auerbach bearbeitete Band, dessen erste Auflage in dieser Zeitschr. *IV* 317 einer sehr eingehenden Besprechung durch M. Koppe unterzogen wurde, erscheint in vielfach veränderter und vermehrter Gestalt. Er umfaßt die Abschnitte: Grundbegriffe; Messung von Raum- und Zeitgrößen; Messung von Massen und Kräften; Dichte; Potentialtheorie; Mechanik; Statik; Kinematik und Dynamik; Fall und Wurf; Pendel; Kreisbewegung; Allgemeine Gravitation; Elastizität im allgemeinen. Schon der Titel Handbuch weist darauf hin, daß es sich um kein Lehrbuch handelt; für das erste Eindringen in das Verständnis werden die Entwicklungen, wie schon gelegentlich der ersten Auflage bemerkt, nicht ausreichen. Es wird eine Übersicht über den Stand des Wissens auf den genannten Gebieten gegeben, und es sind sehr willkommene ausführliche Literaturübersichten beigelegt. Die Darstellungsweise nähert sich mehr derjenigen der mathematischen Physik im Kirchhoffschen Sinne als derjenigen einer „Physik als Naturwissenschaft“. Lehrreich und orientierend sind u. a. die Auseinandersetzungen über die Methoden und die Prinzipie der Mechanik sowie die Kennzeichnung der klassischen, der modernen und der „Kompromißmechanik“. Weniger befriedigend sind die Ausführungen über Kraft und Masse, hier spiegelt sich die Unsicherheit wieder, die in der heutigen Physik infolge der Ausmerzung des Kausalitätsbegriffs zu herrschen pflegt. P.

Ostwalds Klassiker der exakten Wissenschaften. Leipzig, W. Engelmann, Nr. 147. Beitrag zur physiologischen Optik von Johann Benedikt Listing. Herausgegeben von Prof. Dr. Otto Schwarz. Mit einem Bildnis und zwei Tafeln. 52 S., geb. M 1,40. — Nr. 150. Bestimmung des Brechungs- und Farbenzerstreuungsvermögens verschiedener Glasarten in bezug auf die Vervollkommnung achromatischer Fernrohre. Von Joseph Fraunhofer. Herausgegeben von A. von Oettingen. Mit einem Bildnis, 6 Figuren im Text und 1 Tafel. 31 S. M 1,20.

In Nr. 147 hat Listing eine Anzahl entoptischer Erscheinungen behandelt und dabei eine Reihe neuer, noch heut gebräuchlicher Begriffe und Bezeichnungen eingeführt. — Nr. 150 enthält die epochemachenden Untersuchungen, auf Grund deren Fraunhofer 1817 zum korrespondierenden Mitglied der Münchener Akademie ernannt wurde. Das beigegebene, von Fraunhofer selbst gestochene Spektrum überrascht durch die klare Zeichnung und die große Zahl Fraunhoferscher Linien. Auch das Licht der Venus hat Fraunhofer untersucht und seine Identität mit dem Sonnenlicht erkannt, und auch im Spektrum mehrerer Fixsterne hat er bereits Streifen beobachtet, die ihm weiterer Erforschung wert zu sein schienen. P.

Jahrbuch der Naturwissenschaften 1906—1907. Zweiundzwanzigster Jahrgang. Unter Mitwirkung von Fachmännern herausgegeben von Dr. Max Wildermann. Mit 42 in den Text gedruckten Abbildungen. Freiburg, Herder, 1907. XII und 484 S. M 6,—, geb. M 7,—.

Der Physik sind in diesem Bande 80 Seiten gewidmet; den breitesten Raum nehmen die Erscheinungen vom Grenzgebiet des Lichts und der Elektrizität und die Fortschritte in der Funkentelegraphie ein. Aus der Chemie wird auf 30 Seiten über eine große Zahl von Fortschritten auf wissenschaftlichem wie technischem Gebiet berichtet. Die Astronomie bringt u. a. bemerkenswerte Mitteilungen über neue Instrumente, darunter den Stereokomparator. Aus der Meteorologie verdienen die Ergebnisse der wissenschaftlichen Luftschiffahrt besondere Hervorhebung. Die Fortschritte der Industrie und der angewandten Mechanik sind durch nicht weniger als 28 Figuren erläutert. P.

Aus Natur und Geisteswelt. Bd. 21. Einführung in die Theorie und den Bau der neueren Wärmekraftmaschinen. Von R. Vater. 2. Auflage. Mit 34 Abbildungen. 149 S. — Bd. 108. Die Beleuchtungsarten der Gegenwart. Von W. Brüsck. Mit 155 Abbildungen. 164 S. Leipzig, B. G. Teubner, 1906. Je M 1,25.

In Nr. 21 ist eine namentlich auch für den Physiklehrer willkommene Übersicht über ein sehr modernes und für den Unterricht interessantes Gebiet gegeben. Eine Einleitung behandelt die wichtigsten Sätze aus der Mechanik und der mechanischen Wärmetheorie, dann folgen Abschnitte über die älteren und neueren Wärmekraftmaschinen (Gasmaschinen) im allgemeinen, über Verpuffungsgasmaschinen für vergaste feste und für vergaste flüssige Brennstoffe, endlich über den Dieselmotor. Beachtenswert ist auch ein kurzes Schlußkapitel: Warum baut man noch Dampfmaschinen? Ein besonderes Bändchen der Sammlung (Neuere Fortschritte auf dem Gebiete der Wärmekraftmaschinen,

von demselben Verfasser) behandelt die Kraftgaserzeuger und Großgasmaschinen, namentlich in der Form der Zweitaktmaschinen. — Nr. 108 ist aus Demonstrationsvorträgen hervorgegangen, die der Verfasser, Oberlehrer am Johanneum zu Lübeck, daselbst gehalten hat. Es behandelt in enger Zusammendrängung ein sehr reiches Material, nämlich von den Streichhölzern und Kerzen beginnend die gesamte Entwicklung der neueren Beleuchtungsmittel bis zu den modernsten Dauerbrandlampen und den Lumineszenzerscheinungen. Es wäre wohl zweckmäßiger gewesen, den umfangreichen Stoff auf zwei Bändchen zu verteilen, jetzt ist namentlich die Bogenlichtbeleuchtung gar zu kurz weggekommen. Eine ungewöhnlich große Zahl meist guter Illustrationen gereichen dem Bändchen zu besonderem Vorzug. P.

Lehrbuch der Physik. Zum Gebrauch an humanistischen und realistischen Lehranstalten neu bearbeitet von H. Götz, k. Professor der Physik und Elektrotechnik, und Dr. G. Wetzstein, k. Reallehrer. Sechste vollständig umgearbeitete Auflage. Mit 417 Figuren im Text, 1 Spektraltafel und zahlreichen Übungsaufgaben sowie einer Beilage, enthaltend die wichtigsten physikalisch-chemischen und Reduktionstabellen. München und Leipzig, G. Franz, 1907. 414 u. 40 S. Geb. M 4,40.

Die vorliegende Auflage hat, dem Vorwort zufolge, eine vollständige Umarbeitung erfahren, indem die früher befolgte deduktive Methode überall durch die induktive ersetzt wurde. Daß diese Umwandlung durchweg glücklich wäre, kann nicht zugegeben werden. So ist es z. B. eine recht schlechte Induktion, wenn an den Absorptionsversuch mit Natriumdampf das „Ergebnis“ angeschlossen wird: „Jeder Stoff absorbiert im Dampfzustande hauptsächlich diejenigen Lichtstrahlen, welche er im Glühzustande selbst aussendet“. Es ist noch immer das Vorurteil allzuweit verbreitet, als bestehe das Wesen der induktiven Methode darin, daß der Versuch vorangestellt und das Gesetz daraus durch eine bloße Verallgemeinerung gefolgert wird. Andererseits ist die Statik in dem Buche noch immer stark deduktiv und vorwiegend formal behandelt. Abgesehen von solchen prinzipiellen Bedenken, verdient das Buch in vielen Beziehungen durchaus anerkannt zu werden. Der Stoff ist knapp und dabei doch klar und verständlich behandelt, die Auswahl ist so getroffen, daß die bloß für neunklassige Realanstalten bestimmten Partien durch Sternchen kenntlich gemacht, manche Erweiterungen in Klammern gesetzt sind. Die technischen Teile der Elektrizitätslehre sind in einem eigenen Abschnitt vereinigt, in dem namentlich Stromerzeuger, Meßinstrumente und sämtliche Verwendungen des Stroms behandelt sind. Als besonderen Vorzug heben die Verfasser die Einführung des Potentialbegriffs hervor, bei der jede mathematische Ableitung vermieden ist, doch ist gerade diese Einführung starken Bedenken ausgesetzt, auf die hier nicht näher eingegangen werden kann. Ein durch die bayrischen Lehrpläne veranlaßter Übelstand ist es, daß die Mechanik den Schluß des Buches bildet; dadurch wird namentlich die Einführung der absoluten Einheiten in der Lehre vom Magnetismus eine provisorische und nur unvollkommen begründete. In der Mechanik ist von neueren Apparaten der Fallapparat von F. C. G. Müller aufgenommen, auch die Ableitung der Pendelformel aus der des Kreispendels stammt von demselben Verfasser und ist zuerst in dieser Zeitschr. veröffentlicht. Die dabei vorgenommene Zerlegung der Schwere (horizontal und in Richtung des Fadens) ist jedoch unzulässig.

Eine besondere Zugabe zum Text sind zahlreiche einfache Übungsbeispiele, zu denen auch sämtliche Absolutoriaufgaben bayrischer Lehranstalten von 1870 bis 1905 hinzugefügt wurden. Ferner ist dem Text eine kurze Übersicht über die Geschichte der Physik (auf 5 Seiten) angehängt. Die besonders geheftete Beilage umfaßt auf 40 Seiten mehr Stoff, als der Regel nach für den Physikunterricht an unseren höheren Lehranstalten erforderlich ist. Auf 20 Seiten sind für die Zahlen 1—1000 die Werte der Funktionen $1/z$, z^2 , \sqrt{z} , $\log z$, πz , $\pi z^2/4$ zusammengestellt. P.

Sternverzeichnis enthaltend alle Sterne bis zur 6,5ten Größe für das Jahr 1900. Bearbeitet auf Grund der genauen Kataloge und zusammengestellt von J. und R. Ambronn. Mit einem erläuternden Vorwort versehen und herausgegeben von Dr. L. Ambronn, Prof. der Astronomie an der Universität Göttingen. Berlin, Julius Springer, 1907. 183 S. M 10,—.

Dem Bedürfnis nach einem bequem zugänglichen Sternverzeichnis des gesamten Sternhimmels, das sowohl für Astronomen als für Liebhaber der Sternkunde eine sichere Identifizierung gestattet, kommt die vorliegende Publikation in ausgezeichnete Weise entgegen. Sie umfaßt 7796 Sterne bis zur 6,5ten Größe, für die bemerkenswerteren Doppelsterne sind Distanzen und Positionswinkel sowie Bahnelemente angegeben, auch ist eine Tabelle von etwa 2130 Sternen, an denen Eigenbewegungen festgestellt sind, hinzugefügt. Präzessionstabellen endlich ermöglichen die Vergleichung der Katalogdaten mit denen für frühere oder spätere Epochen. P.

Adreßbuch der deutschen Präzisionsmechanik und Optik und verwandter Berufszweige (Glasinstrumentenindustrie, Elektromechanik). Zusammengestellt von F. Harrwitz. 3. vollständig neu bearbeitete Auflage. Berlin, F. und M. Harrwitz, 1906. 376 S. M 8,—, geb. M 10,—.

Das Adreßbuch umfaßt 1. eine alphabetische Zusammenstellung nach den Firmen, 2. eine ebensolche nach den Städten und 3. eine ebensolche nach den Fabrikaten bzw. den Spezialitäten. Die letzte dieser Abteilungen ist besonders auch für physikalische Kabinette von Interesse, da man hier die Bezugsquellen für alle Sorten von Apparaten, z. B. Elektrometer, Metallthermometer usw., übersichtlich beisammen findet.
P.

Experimentelle Einführung der elektromagnetischen Einheiten. Von Prof. E. Grimsehl. Abhandlungen zur Didaktik und Philosophie der Naturwissenschaft. 2. Band, 2. Heft. Berlin, J. Springer, 1907. 42 S. M 1,60.

Grimsehl zeigt in diesem Aufsatz, wie man die elektromagnetischen Einheiten und Grundbegriffe auf Grund ihrer wissenschaftlichen Definitionen in wahrer Größe experimentell im Unterricht einführen kann. Der Inhalt ist kurz folgender: Das magnetische Kraftfeld eines geraden Stromleiters wird erst qualitativ und dann quantitativ untersucht. Die Behandlung des magnetischen Kraftfeldes einer Stromschleife führt dann zur elektromagnetischen Einheit der Stromstärke. Nachdem Grimsehl einen sinnreichen Apparat angegeben hat, ein verhältnismäßig großes homogenes magnetisches Feld herzustellen, bestimmt er dessen ponderomotorische Wirkung. Hieran schließt sich die qualitative und quantitative Untersuchung der elektromagnetischen Induktion. Nach einer kurzen Erledigung der elektromagnetischen Einheit des Widerstandes wird unter Benutzung eines ballistischen Galvanometers die elektromagnetische Einheit der Elektrizitätsmenge behandelt und im Anschluß daran die magnetische Permeabilität und die Hysteresis. Das große homogene magnetische Feld wird schließlich noch dazu benutzt, die Form des sinusförmig verlaufenden Wechselstroms aus seinen Elementen aufzubauen.

Experimentelle Behandlungen der hier bearbeiteten Fragen findet man zwar bereits bei Ebert, Stewart und Gee u. a., doch hat Grimsehl, der so fruchtbar an guten Gedanken ist, und der zugleich die seltene Gabe besitzt, seine Pläne frisch und gleichsam spielend in schönen Versuchen und Apparaten zu verwirklichen, die älteren Vorrichtungen seinen Sonderzwecken entsprechend umgeformt und eine ganze Reihe neuer Apparate und Versuche hinzugefügt. Dabei ist die Arbeit reich auch an methodischen Feinheiten. Die absoluten Messungen sind so schwierig, daß man die Einheiten auf andere Weise gesetzlich festlegen mußte. Es wäre daher unbillig, an diese quantitativen Demonstrationen hohe Anforderungen der Präzision zu stellen; sie sollen bestimmte anschauliche Vorstellungen schaffen, nicht aber wissenschaftlich exakte Bestimmungen liefern.
H.-M.

Die Radioaktivität. Von E. Rutherford, D. Sc., F. R. S., F. R. S. C. Unter Mitwirkung des Verfassers ergänzte autorisierte deutsche Ausgabe von Prof. Dr. E. Aschkinaß. Berlin, Julius Springer, 1907. X und 597 S., 110 Abb. im Text. Geh. M 16,—.

Wohl niemand dürfte berufener sein, eine zusammenfassende Darstellung dieses neuen, so schnell bedeutungsvoll gewordenen Wissensgebietes zu geben, als der Forscher, dem wir neben zahlreichen wichtigen Untersuchungen die Aufstellung der so außerordentlich fruchtbaren Theorie des Atomzerfalles verdanken. Die alle bisherigen Forschungsergebnisse auf Grund dieser Theorie verknüpfende und zudem bisher umfassendste Darstellung des Gegenstandes dem deutschen Leserkreise zugänglich gemacht zu haben, ist ein großes Verdienst. Die Übersetzung ist eine sehr sorgfältige und vortrefflich gelungene; die seit Erscheinen der ihr zugrunde liegenden zweiten englischen Ausgabe veröffentlichten Forschungsergebnisse sind in besonderen Ergänzungen berücksichtigt. Auf den Inhalt näher einzugehen, erscheint unnötig; besonders zu loben ist das umfangreiche — 25 Seiten umfassende — Register. Das Vorstehende dürfte genügen, um eine besondere Empfehlung des vornehm ausgestatteten Werkes überflüssig erscheinen zu lassen.

Biegon von Czudnochowski.

Steinkohlenindustrie. Von Dr. Oskar Stillich, Leipzig, Jäh und Schunke, 1906. VIII u. 357 S. Geh. M 8,—.

Die Eisenindustrie. Von Oskar Simmersbach, Hütteningenieur in Düsseldorf. Leipzig und Berlin, B. G. Teubner, 1906. X und 332 S. Geh. M 7,20.

Bei dem immer steigenden Interesse an Deutschlands Handel und Industrie sei auf die vorliegenden Bücher kurz hingewiesen. Das erste von einem Nationalökonomengeschriebene ist ein Band der „Nationalökonomischen Forschungen auf dem Gebiete der großindustriellen Unternehmung“ und gibt in Einzeldarstellungen den Werdegang der größten rheinisch-westfälischen Kohlenzechen;

besonders ausführlich wird die Hibernia behandelt. Das andere Buch ist ein Band von Teubners Handbüchern für Handel und Gewerbe aus der Feder eines Technikers und gibt eine mustergültige Übersicht über alles, was mit der Eisenindustrie zusammenhängt: Historisches, Technisches, Nationalökonomisches, alles Wissenswerte vom Eisenerz bis zum feinsten Panzerstahl, Beschreibungen und Abbildungen, Tabellen und sinnfällige Schaubilder. Namentlich dieses Buch, dessen Inhalt zwar über das normale Schulpensum weit hinausgeht, das aber vielleicht für fortgeschrittene Schüler Anregung und Stoff zu Vorträgen bietet, sei auf das wärmste empfohlen. *W. Roth, Greifswald.*

Lehrbuch der Elektrochemie. Von Dr. Max Le Blanc, ord. Professor an der Universität Leipzig. Vierte vermehrte Auflage. Mit 25 Figuren. Leipzig, Oskar Leiner, 1906. VIII und 319 S. Brosch. M 6,—; geb. M 7,—.

Die zweite Auflage des beliebten Lehrbuches ist vom Referenten (diese Zeitschr. XIV 370) ausführlich besprochen worden. Der Umfang des Buches ist inzwischen erheblich gewachsen. Die Forschungsergebnisse der letzten 6 Jahre sind mit geschickter Auswahl und in knapper Form berücksichtigt worden. Einige früher etwas kurz ausgefallene Kapitel des ersten Teils wie „die Wanderung der Ionen“ und „die Leitfähigkeit der Elektrolyte“ haben bei der Neubearbeitung sehr gewonnen. In dem letztgenannten Abschnitt hätte der Referent die grundlegenden absoluten Messungen von Kohlrausch (*Wied. Ann.* 64, 440; 1898) gern etwas ausführlicher behandelt gesehen. Auf die Meßmethode ist gar nicht eingegangen, und von den so oft benutzten Zahlen sind nur zwei Daten für eine einzige Lösung angegeben. — Wieder ist der zweite Teil des Buches, der die EMK behandelt, von einer seltenen Vollständigkeit.

Über die beste Art, dem Anfänger die elektrischen Grundeinheiten zu erklären, kann man verschiedener Ansicht sein. Der Verfasser bevorzugt die mehr technischen Definitionen, ähnlich wie sie sich im Gesetzbuch finden, ohne die Einheiten an das — sonst im Buche mehrfach benutzte — CGS-System anzuschließen. So wird das Volt eingeführt als rund $1/1,10$ der EMK eines Daniell-Elements, und so wird das Ampère nach der pro Sekunde abgeschiedenen Kupfermenge definiert; dann aber wird als Maß für das Coulomb die entsprechende Silbermenge angegeben, ohne auf die Äquivalenz beider Metallmengen hinzuweisen, was doch die beste Illustration des zweiten Faradayschen Gesetzes wäre.

Ähnliche Stellen, bei denen man nicht über die wissenschaftliche Exaktheit, sondern nur über die pädagogische Nützlichkeit im Zweifel sein könnte, sind dem Referenten mehrfach aufgefallen. Doch sei zugegeben, daß es sich dabei nur um Verschiedenheiten des pädagogischen Gefühls handelt, das im letzten Grunde Geschmackssache ist. *W. Roth, Greifswald.*

Lehrbuch der Mathematik für Studierende der Naturwissenschaften und der Technik. Einführung in die Differential- und Integralrechnung und in die analytische Geometrie. Von Dr. Georg Scheffers, ord. Professor an der Technischen Hochschule Darmstadt. Mit 344 Figuren. Leipzig, Veit & Co., 1905. VIII und 682 S. M 16,—.

Den bekannten Mathematiklehrbüchern für Nichtmathematiker (Nernst-Schönfließ, Lorentz, Mellor) reiht sich das vorliegende Buch würdig an. Es setzt bemerkenswert wenig voraus, geht namentlich im Anfang sehr langsam und vorsichtig, unter Vermeidung jeglichen Sprunges, vor; es ist mit einer gewissen behaglichen Frische geschrieben, wie von einem guten Lehrer, der mit der Auffassungsgabe seiner Schüler Erfahrungen gemacht hat, die ihn vorsichtig machen, ohne ihm die Laune zu verderben. Dabei ist es durchaus wissenschaftlich-mathematisch gehalten; die Schärfe der Ableitungen läßt nichts zu wünschen übrig. Aber sie sind nicht nur korrekt, sondern auch plastisch. Dankbar hervorgehoben sei die Fülle von guten und wirklich instruktiven Figuren.

Die Beispiele sind gut gewählt. Vielleicht wäre es möglich gewesen, noch einige weitere Beispiele aus der Chemie zu nehmen, wie es z. B. bei Mellor geschehen ist. Doch sei zugegeben, daß die chemischen Beispiele nicht so bequem sind wie die physikalischen oder technischen. Um so größer wäre das Verdienst, auch den jüngeren Chemikern in dem — meist nicht allzugroßen — Interesse für mathematische Dinge entgegenzukommen. In dem Kapitel über bestimmte Integrale, das der Verfasser anerkennenswerterweise sehr weit in den Anfang des Buches setzt, wären z. B. physikalisch-chemische Instrumente, wie Voltmeter, Fadenthermometer, das Bunsensche Eiskalorimeter vorzügliche Beispiele für „bestimmte Integrations-Maschinen“. In dem Kapitel „die Exponentialfunktionen“ sollte bei „dem Gesetz des organischen Wachstums“ neben den bekannten klassischen Beispielen der Zerfall der radioaktiven Stoffe nicht fehlen. Ist doch neuerdings eine große Zahl von chemischen Elementen fast nur durch den Exponenten in der Zerfallsgleichung $I = I_0 e^{-\lambda t}$ charakterisiert und definiert!

Dies wäre aber die einzige Ausstellung, die der Referent zu machen hätte. Möge dem Verfasser recht bald in einer neuen Auflage Gelegenheit zur Ergänzung geboten sein.

W. Roth, Greifswald.

Chemie fürs praktische Leben. Populäre Darstellung und Anleitung zur Beobachtung und zum Verständnis der täglichen chemischen Erscheinungen. Zum Selbstunterricht und Schulgebrauch an der Hand vieler einfacher Versuche. Von Professor W. Weiler. Mit 187 Illustrationen. Otto Maier in Ravensburg. XX und 494 S.

Das Buch ist das Ergebnis langjähriger, im Unterricht an einer gewerblichen Fortbildungsschule gesammelter Erfahrungen und zeigt den Verfasser als geübten Lehrer, der an der Hand leicht zu wiederholender Versuche zahlreiche Vorkommnisse des täglichen Lebens sowie das Wichtigste aus der Technik, der pflanzlichen und tierischen Ernährungslehre, der Warenkunde usw. auf die chemische Grundlage zurückzuführen weiß. Natürlich muß, da nur die Kenntnisse der Volksschule vorausgesetzt sind, vor allem diese Grundlage geschaffen werden. Dies geschieht in den ersten Kapiteln, wo zunächst die physikalische und chemische Untersuchung der Luft zweckentsprechend durchgeführt wird. Weiterhin wirkt der Wunsch, unter allen Umständen an die Erfahrungen des Alltags anzuknüpfen, manchmal schädigend; besonders gilt dies für die Behandlung des Wasserstoffs, für die die Kerzenflamme im Verein mit der durch keinen Versuch gestützten und hier noch völlig unverständlichen Mitteilung, daß Wasser eine Verbindung von Wasserstoff und Sauerstoff sei, den Ausgangspunkt bildete. Die theoretischen Betrachtungen bringen die Atomlehre und auffallenderweise auch einiges aus der kinetischen Gastheorie; von einer tieferen Begründung dieser Vorstellungen ist jedoch dem Zwecke des Buchs entsprechend abgesehen worden. Die Schreibweise des Verfassers ist meist klar und leicht verständlich; doch verleitet ihn das Streben nach Volkstümlichkeit nicht selten zu unscharfen Definitionen und unwissenschaftlicher Darstellung. In sachlicher Hinsicht sei noch erwähnt, daß die metallurgischen Verfahren, z. B. der Hochofenprozeß des Eisens, im Vergleich zu anderen Gewerben, die wie die Papierfabrikation in ein Lehrbuch der Chemie in minderem Grade gehören, recht stiefmütterlich behandelt sind. Trotz dieser Ausstellungen kann aber das gut ausgestattete und auch für Nachschlagewecke sehr praktisch eingerichtete Buch zum Gebrauch an Fortbildungsschulen sowie vor allem für Gewerbetreibende zur Selbstbelehrung empfohlen werden. *J. Schiff.*

Kurzes Lehrbuch der Mineralogie mit einem Abriß der Petrographie zum Gebrauch an höheren Lehranstalten sowie zum Selbstunterricht. Von Dr. H. Baumhauer, Prof. a. d. Univ. Freiburg i. S. 3. Aufl. Mit 191 Fig. Freiburg i. B., Herder, 1906. VIII u. 224 S. M 2,80, geb. M 3,30.

Ein kurzgefaßtes, aber doch alle wesentlichen Daten der Mineralien in wissenschaftlicher Genauigkeit aufweisendes Lehrbuch der Mineralogie hat sicher seine Berechtigung. Das vorliegende derartige Lehrbuch gibt den Stoff nicht ganz in dem Umfange wie seinerzeit das treffliche „Kleine Lehrbuch der Mineralogie“ von Hornstein, das neuerdings wohl nicht mehr aufgelegt wurde. Im besonderen hat die Kristallographie eine vorzügliche und ziemlich eingehende (S. 4—60) Behandlung erfahren. Der petrographische Abschnitt wird dadurch wertvoll, daß mehrfach auch Bemerkungen über die Entstehung der Gesteine eingeflochten sind. In illustrativer Hinsicht ist zu bemerken, daß die vielen beigegebenen Figuren allerdings fast nur Kristallgestalten betreffen. Wenn auch das Buch zur direkten Verwendung im Unterricht wenigstens an den preußischen Realanstalten etwas zu umfangreich und speziell erscheint, so wird es doch dem Unterricht vielfach nützen können, und es seien alle, die mit dem chemisch-mineralogischen Unterricht zu tun haben, angelegentlich auf dasselbe hingewiesen.

O. Ohmann.

Grundriß der Mineralogie und Geologie. Für den Unterricht an höheren Lehranstalten von Dr. F. Rüdorff. Mit zahlr. Holzschnitten und einer geologischen Übersichtskarte von Mitteleuropa. 8. umgearbeitete Aufl. von Prof. A. Krause. Berlin, H. W. Müller, 1906. 124 S. M 1,50.

Die neue Ausgabe zeigt gegenüber den früheren wesentliche Verbesserungen. Zunächst ist die Kristallographie vorteilhaft umgearbeitet worden, wobei die Symmetrieverhältnisse der Kristalle eingehendere Berücksichtigung fanden. Vor allem aber ist der neu hinzugekommene Abschnitt über Geologie (S. 95—121), deren Darstellung ungefähr im Charakter der Hann-, Hochstetter-, Pokornyschen Erdkunde gehalten ist, eine wertvolle Bereicherung des Ganzen. Hier besonders zeigt sich allenthalben die Hand des erfahrenen Lehrers. Gegenüber dem reichlichen Figurenmateriale in dem geologischen Abschnitt fällt der Figurenmangel in der eigentlichen Mineralogie auf. Wenn sich auch im allgemeinen die Mineralien schwer abbilden lassen, so zeigen doch einzelne neuere Bücher, z. B. der jüngst in ds. Zeitschr. (XVIII 315) besprochene Leitfaden von Bastian Schmid, was auf diesem Gebiete geleistet werden kann. Doch tritt dieser Mangel gegenüber den anderen Vorzügen zurück. Der Leitfaden sei für alle Schulen, auf denen die Mineralogie als selbständiges Fach in größerem Umfange getrieben werden kann, angelegentlich empfohlen.

O. Ohmann.

Kurzer Grundrifs der Mineralogie. Von Dr. J. Lorscheid. Neubearbeitet von H. Brockhausen, Oberl. a. G. zu Rheine. Freiburg i. B., Herder, 1906. 27 S. M 0,60.

Das Büchlein ist eine Erweiterung des als Zugabe zum Lehrbuch der anorganischen Chemie von Lorscheid bisher erschienenen kleinen Grundrisses. Es rechtfertigt sich daher das relativ größere Eingehen auf die Kristallographie (S. 1—16), wobei die Naumannsche Bezeichnungsweise durchgeführt wurde. Aber die spezielle Mineralogie ist — auf 9 Seiten — lediglich eine Aufzählung einzelner Mineralien unter Angabe einiger Konstanten und Fundorte. Der Anspruch, daß solch eine Zusammenstellung „als Grundlage des mineralogischen Unterrichts an Gymnasien Verwendung finden“ könne, ist etwas weitgehend. Derartige dürftige Aufzählungen könnten nur dazu dienen, dem Schüler die Mineralogie zu verleiden.

O. Ohmann.

Korrespondenz.

Von Herrn Prof. C. ALBRICH in Hermannstadt erhalten wir folgende Mitteilungen:

1. Zu dem Aufsatz von E. GRIMSEHL über „Die Verwendung von kurzbreitweitigen Beleuchtungssystemen bei Projektionsapparaten für optische Versuche“ (Jahrgang 1906 S. 137): Bezüglich der in jenem Aufsatz angegebenen Versuche erlaube ich mir auf den von Prof. Dr. J. Classen in seinen „Vorlesungen über die Natur des Lichtes.“ (Leipzig, Göschen, 1905) vorgezeichneten Weg hinzuweisen. Die dort beschriebene Vorrichtung zur Darstellung von Spektren und Beugungserscheinungen mit Hilfe von Bogenlicht war mir eine wahre Erlösung und ist so einfach als möglich. In einen mit einer Spalte versehenen Blechkasten wird eine mit schräg gestellten Kohlen versehene Bogenlampe so nahe als möglich an die Spalte gebracht. Classen schreibt hierzu S. 31: „Bei der Ausführung dieses und fast aller folgenden Versuche findet man in der Regel die Anwendung eines Kondensorsystems vorn an der Lampe empfohlen, durch welches ein Bild der Lichtquelle auf den Spalt entworfen wird. Es ist durchaus ein Irrtum, daß man durch eine derartige Anordnung an Lichtstärke irgend einen Vorteil erzielen kann. Verwendet man eine Lampe, deren lichtgebende Fläche so nahe an den Spalt herangeführt werden kann, daß der durch den Spalt hindurchtretende Strahlenkegel die nutzbare Fläche der Linse L_1 (Projektionslinse) gerade ausfüllt, so hat man unter allen Umständen die größte theoretisch mögliche Lichtstärke. Die große Lichtmenge, die ein Kondenssystem zu konzentrieren vermag, geht für die Versuche größtenteils nutzlos verloren, da die zum Entwerfen der Bilder benutzen Linsen nicht annähernd bis zu dem Öffnungsverhältnis des Kondensors ausgenutzt werden können, wenn die Bilder noch klar sein sollen. Um den Lichtpunkt einer Bogenlampe nahe genug an den Spalt heranbringen zu können, müssen natürlich beide Kohlenspitzen schräg nach vorn gestellt sein. Dadurch erhält man für alle optischen Versuche auch eine ganz außerordentliche Vereinfachung im Aufbau und der Justierung, die jeder sofort empfinden wird, wenn er einmal nach dieser Art die Versuche gemacht hat.“

Ich glaube, es würde jeden Physiklehrer zu Dank verpflichten, wenn er auf dieses höchst einfache Mittel, das die Versuche wesentlich vereinfacht, aufmerksam gemacht würde.

2. Zur Umkehrung der Natriumlinie von Dr. B. KÖNIG und J. ZUPANECC 1907, Hef 1, erlaube ich mir zu bemerken, daß ich nicht glaube, daß es jemandem leicht gelingen werde, ein besseres Mittel zu ihrer Darstellung zu finden als FRANKLAND. Die Kohlen der Bogenlampe werden schwach mit Glaubersalz imprägniert und in das austretende Lichtband die Flamme einer Spirituslampe gebracht, in die man einen Platinlöffel mit einem Natriumkügelchen hält. Bringt man überdies noch ein dünnes Metallblech in horizontaler Lage in der Höhe der Mittellinie der Spalte über die Flamme, so erhält man übereinander die tief schwarze Absorptionslinie und die helle Natriumlinie. Der Versuch ist beschrieben in Müller-Pouillet's Lehrbuch der Physik.

3. Zur Bestimmung des mechanischen Wärmeäquivalentes mit Pulujs Apparat (1906, S. 163). Ich habe alle zur Behandlung dieses Apparates angegebenen Mittel versucht, ohne zu dem Ziel zu gelangen, daß der Hebel ruhig auf einem Punkt der Gradteilung stehen bleibt, wenn ich versuchte, ihn durch ein nach der andern Seite ziehendes Gewicht im Gleichgewicht zu halten. Ich schlage folgendes Verfahren ein, das mich in den Stand setzt, den Apparat sofort gebrauchsfertig aufzustellen. Ich halte den Hebel durch die Elastizitätskraft der Feder einer Jollyschen Federwaage im Gleichgewicht. Die Drehung der Schwungmaschine wird durch einen Elektromotor bewerkstelligt. Die Resultate, die ich so erhalten habe, sind sehr gut.

Von Herrn Prof. H. REBENSTORFF in Dresden erhalten wir folgende Zuschrift:

Herr Friedr. C. G. Müller bemerkt in seinem Aufsätze „Über die Herstellung acidimetrischer Urmaße im Unterricht“ (ds. Zeitschr. XX 144): „Neben dem Natrium können andere fabrikmäßig hergestellte Metalle nur zu einer annähernden Bestätigung des Äquivalentgesetzes dienen.“ Auch das Magnesium, das von mir für quantitative Schulversuche als überaus geeignet befunden wurde, soll keine Ausnahme hiervon machen. Indem ich mir vorbehalte, bald auf die wertvolle unterrichtliche Verwendung dieses Metalles — auch für weitere messende Versuche einfachster Art — zurückzukommen, möchte ich bemerken, daß die von Herrn Müller vermißte Möglichkeit, die Reinheit des Metalles vor der Klasse zu untersuchen, mittels der von mir angegebenen Wasserstoffmessung (ds. Zeitsch. XIX 200) schnell und genau genug erreichbar ist. Die für Unterrichtsversuche beim Abwägen nicht in Betracht kommenden Verunreinigungen (im vorigen Jahre 0,3%) sind inzwischen noch geringer geworden. Die Fabrik in Hemelingen bei Bremen liefert jetzt Magnesiumspäne und -blech mit nur 0,2% Beimengungen, und Herr Professor Tammann hatte die Güte, mir mitzuteilen, daß die im Göttinger Institut verwendete Magnesiumsorte der Fabrik Griesheim-Elektron nichts an Beimengungen enthielt, das nicht beim Umschmelzen in Glas (etwa Ca, Si) könnte aufgenommen werden. Das beste Magnesium dieser Fabrik ist nach ihrer Angabe frei von Ca und Si und reiner als ihr Natrium, das sie schon besonders rein (zu 99,85%) herstellt.

Inwiefern ich die Verwendung von $\frac{1}{50}$ g-Atomgewichtsstücken entgegen der Ansicht des Herrn Friedr. C. G. Müller (a. a. O.) für praktischer halte, als eine solche von 1 g-Stücken, die für genaue Versuche ja ebenso genau abgeglichen werden müssen, werde ich später auseinandersetzen.

Vom 15. Aug. bis 15. Sept. findet an dem Polytechnischen Institute zu Arnstadt in Thüringen ein Mathematisch-Naturwissenschaftlicher Ferienkursus statt, der auch elektrotechnische, chemische und photographische Praktika umfaßt. Programme versendet die Direktion kostenfrei.

Bei der Redaktion eingegangene Bücher und Schriften.

Müller-Pouillets Lehrbuch der Physik und Meteorologie. 10. Auflage, herausgegeben von L. Pfaundler. In 4 Bänden. II. Bd. 1. Abt. Drittes Buch: Die Lehre von der strahlenden Energie (Optik) von O. Lummer. 880 S. Braunschweig, Friedr. Vieweg & Sohn, 1907. M 15,—. — **L. Zehnder**, Grundriß der Physik. M. 355 Abb. 438 S. Tübingen, Laupp, 1907. M 7,—, geb. M 8,—. — **O. Lehmann**, Die scheinbar lebenden Kristalle. 68 S. Eßlingen u. München, J. F. Schreiber. — **P. Wagner**, Lehrbuch der Geologie und Mineralogie. M. 222 Abb. 178 S. Leipzig, B. G. Teubner, 1907. M 2,40. — **G. John** und **R. Sachsse**, Lehrbuch der Chemie. M. 166 Abb. Große Ausgabe: 358 S. Leipzig, B. G. Teubner, 1906. M 3,40. Kleine Ausgabe: 334 S. M 3,—. — **Fr. Welleba**, Anleitung zur Mikroskopie und Mikrophotographie für Anfänger. M. 70 Illustrat. 78 S. Wien, A. Pichlers Witwe. M 2,10. — **Svante Arrhenius**, Das Werden der Welten. Übers. von L. Bamberger. 208 S. Leipzig, Akadem. Verlagsgesellsch., 1907. — **E. Ruhmer**, Neuere elektrophysikalische Erscheinungen. 2. Aufl., Teil I. VIII u. 213 S., 215 Fig. Berlin, F. u. M. Harrwitz, 1907. Geh. M 4,—. — **E. Ruhmer**, Drahtlose Telephonie. 151 S., 139 Fig. Im Selbstverlag. Geh. M 6,—. — **S. Freiherr v. Gaisberg**, Herstellung und Instandhaltung elektrischer Licht- und Kraftanlagen. 3. Aufl. XII u. 134 S., 53 Fig. Berlin, J. Springer, 1907. Geb. M 2,40. — **R. Krause**, Kurzer Leitfaden der Elektrotechnik. VIII u. 179 S., 180 Fig. Berlin, J. Springer, 1905. Geb. M 4,—. — **A. Linker**, Elektrotechnische Meßkunde. VIII u. 442 S., 385 Fig. Berlin, J. Springer, 1906. Geb. M 10,—. — **Abhandlungen** der Friesschen Schule, herausg. von G. Hessenberg, K. Kaiser u. L. Nelson. II. Bd. 1. Heft. 73 S. Göttingen, Vandenhoeck & Ruprecht, 1907. M 2,—.

Sonderabdrücke: Il Miraggio, Mem. di A. Garbasso. S.-A. Acc. reale delle sc. di Torino 1906—1907. 57 S. und 2 Tafeln. — Ein neues Quadrantelektrometer für dynamische Messungen. Von H. Schultze. S.-A. Zeitschr. f. Instrkde. 1907. 11 S. — Die Naturteleologie und Biogenie der Kirchenväter. Von Dr. W. May. S.-A. Verh. d. Naturw. Vereins zu Karlsruhe, Bd. 20. — Leonhard Euler. Von W. Lorey. S.-A. Abh. d. Naturf. Ges. zu Görlitz, Bd. 25. 20 S. — Spinnfasern und Färbungen im Ultramikroskope. Von J. Schneider und G. Kunze. S.-A. Zeitschr. f. wiss. Mikr. u. mikr. Technik, Bd. 23 (1906). 17 S.

Preisverzeichnisse: E. Leybolds Nachfolger, Köln a. Rh., Erster Nachtrag zum Preisverzeichnis physikalischer Apparate, enth. Apparate nach Gaede, Grimsehl, Looser, Noack, Rebenstorff, Weinhold u. a., Apparate und Präparate für Radioaktivität, für flüssige Kristalle, Apparate für Schülerübungen nach Noack.

Himmelserscheinungen im August und September 1907.

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

		August						September					
		2	7	12	17	22	27	1	6	11	16	21	26
♿	AR	7 ^h 52 ^m	7.53	8. 7	8.31	9. 4	9.42	10.20	10.57	11.31	12. 3	12.33	13. 2
	D	+ 17 ^o	+ 18 ^o	+ 19 ^o	+ 19 ^o	+ 18 ^o	+ 15 ^o	+ 12 ^o	+ 9 ^o	+ 5 ^o	+ 1 ^o	- 3 ^o	- 7 ^o
♀	AR	7 ^h 57 ^m	8.23	8.49	9.14	9.38	10. 3	10.26	10.50	11.13	11.36	11.59	12.22
	D	+ 21	+ 20	+ 19	+ 17	+ 15	+ 13	+ 11	+ 9	+ 7	+ 4	+ 2	- 1
☉	AR	8 ^h 46 ^m	9. 5	9.24	9.43	10. 2	10.20	10.38	10.56	11.14	11.32	11.50	12. 8
	D	+ 18	+ 17	+ 15	+ 14	+ 12	+ 10	+ 9	+ 7	+ 5	+ 3	+ 1	- 1
♂	AR	18 ^h 33 ^m	18.32	18.32	18.34	18.37	18.42	18.48	18.55	19. 3	19.12	19.22	19.32
	D	- 29	- 29	- 29	- 28	- 28	- 28	- 28	- 27	- 27	- 26	- 26	- 25
♃	AR		7.59		8. 8		8.16		8.25		8.33		8.40
	D		+ 21		+ 21		+ 20		+ 20		+ 19		+ 19
♄	AR	23 ^h 53 ^m						23.47					
	D	- 3						- 4					
☉	Aufg.	4 ^h 21 ^m	4.29	4.37	4.45	4.54	5. 2	5.10	5.19	5.27	5.35	5.44	5.52
	Unterg.	19 ^h 50 ^m	19.41	19.32	19.22	19.11	19. 0	18.49	18.37	18.26	18.14	18. 2	17.50
☾	Aufg.	23 ^h 50 ^m	2.23	7.46	13.49	19. 6	21. 7	23.30	3.16	9.15	15.24	18.27	20.17
	Unterg.	14 ^h 16 ^m	18.55	21. 7	23. 2	2.53	9.37	15.15	18.29	20.11	23.22	4.34	10.54
Sternzeit im mittl. Mittg.		8 ^h 39 ^m 34 ^s	8.59.17	9.19. 0	9.38.43	9.58.26	10.18. 8	10.37.51	10.57.31	11.17.17	11.36.59	11.56.42	12.16.25
Zeitgl.		+ 0 ^m 8 ^s	+ 5.43	+ 5. 3	+ 4. 9	+ 3. 2	+ 1.43	+ 0.14	- 1.22	- 3. 3	- 4.48	- 6.35	- 8.20

Mittlere Zeit = wahre Zeit + Zeitgleichung.

Mondphasen in M.E.Z.	Neumond	Erstes Viertel	Vollmond	Letztes Viertel
	Aug. 9, 7 ^h 37 ^m Sept. 7, 22 ^h 4 ^m	Aug. 16, 22 ^h 6 ^m Sept. 15, 4 ^h 40 ^m	Aug. 23, 13 ^h 15 ^m Sept. 21, 22 ^h 34 ^m	Aug. 1, 3 ^h 26 ^m Aug. 30, 18 ^h 28 ^m Sept. 29, 12 ^h 37 ^m

Planetensichtbarkeit	Merkur	Venus	Mars	Jupiter	Saturn
im August	vom 6. bis gegen Ende des Monats morgens im NO im Maximum 1/2 Stunde lang sichtbar	wird gegen Ende d. Monats unsichtbar	abends 3 1/4 bis 3 1/2 Std. lang im Schützen sichtbar	wird morgens im NO sichtbar, zuletzt 2 1/4 Std. lang	die ganze Nacht hindurch sichtbar
im September	unsichtbar	unsichtbar, obere Konjunktion am 15.	die Sichtbarkeitsdauer wächst bis auf 4 Stunden	die Sichtbarkeitsdauer wächst bis auf 4 1/2 Stunden	wie im August, Opposition am 18.

Sternbedeckung für Berlin.

	Stern	Eintritt	Q	Austritt	Q
Sept. 31	30 Piscium	20 ^h 20 ^m ,0 M.E.Z.	108 ^o	21 ^h 8 ^m ,4 M.E.Z.	203 ^o

Veränderliche Sterne (M.E.Z.):

Aug. 3	20 ^h 50 ^m	Algol-Min.	Aug. 23	22 ^h 32 ^m	Algol-Min.	Sept. 15	21 ^h 4 ^m	Algol-Min.
10		R Lyrae-Max.	30		γ Gemin.-Min.	25		R Lyrae-Max.
13		R Hydrae-Max.	Sept. 5	20	δ Cephei-Max.			
22	24	γ Aquilae-Min.	9	20	δ Cephei-Min.			

Dr. F. Koerber.

Nachdruck nur mit Quellenangabe und mit Genehmigung der Verlagshandlung gestattet.