

Zeitschrift
für den
Physikalischen und Chemischen Unterricht.

XVI. Jahrgang.

Fünftes Heft.

September 1903.

Zwei hydrostatische Apparate¹⁾.

Von

Alois Höfler in Wien.

1. Apparat für das hydrostatische Paradoxon.

Von den drei Fällen des zylindrischen, des nach oben erweiterten und des nach oben verengten Gefäßes ist es eigentlich nur der dritte, der den starken Eindruck des Paradoxen macht. Denn hier erzeugt die Flüssigkeitsmasse einen Bodendruck, der größer ist als ihr eigenes Gewicht. Die hierin liegende Paradoxie wird zum Bewußtsein gebracht durch Vorfragen wie die: Kann sich ein Mensch „schwerer machen“ — kann er einen Kahn, der ihn trüge, zum Sinken bringen (ohne Schaukeln) u. dergl. m. Warum aber vermag dann Ähnliches die eingefüllte Flüssigkeit im Gefäß mit nach oben verengten, also einspringenden Wänden? Leicht wird hier der auf die einspringende Wand von unten her nach oben fortgepflanzte Druck als Erklärung erkannt (zu vergleichen damit, daß der Mensch im Kahn unter einem Brückenjoch durchfahrend mit den Händen sich gegen dieses stemmt und so zum Gewichtsdruck noch den seiner Muskelspannungen hinzufügt).

Dies führt zur Lösung des Paradoxons für den dritten Fall nach Fig. 1. Lastet nämlich über dem Flächenstück $MN = \beta \text{ cm}^2$ der Druck $p = \beta h s$ Gramm und beträgt die Bodenfläche $AB = b = n \cdot \beta \text{ cm}^2$, so erfährt sie einen Druck $P = np = n \cdot \beta h s = n \beta \cdot h s = b h s$ Gramm, der also ebensogroß ist, als wenn sich über AB der Flüssigkeitszylinder $ABCD$ befände.

Doch gibt diese arithmetische Begründung noch keinen vollen Einblick in die physikalischen Ursachen, warum der Druck p auf die n fache Fläche sich ver- n -facht. Die Sachlage ist ähnlich der, wie sie kürzlich mehrfach als eine allzumathematische und zu wenig physikalische Behandlung des Hebels gerügt worden ist. Auf was es ankommt, ist, die physikalischen Kräfte, die zur schließlichen Erscheinung führen, in ihre Ursprünge und ihre Verteilung im gegebenen mechanischen System zurückzuverfolgen. Wie dies beim Hebel durch die in der Hebelstange und im Unterstützungskörper geweckten Spannungen geschieht, so macht der im folgenden beschriebene Apparat mit beweglichen Gefäßwänden den Schüler auf die Kräfte aufmerksam, die an den Gefäßwänden angreifen müssen, damit es zum schließlichen Gleichgewicht kommt.

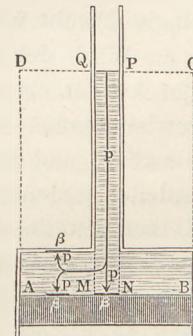


Fig. 1.

¹⁾ Die Apparate sind in des Verfassers soeben erschienener Naturlehre für die Oberstufe beschrieben, aus der auch die Figuren 1—6 mit Genehmigung der Verlagshandlung Friedrich Vieweg und Sohn entnommen sind.

Die Konstruktion des neuen „Quecksilberbodendruckapparates“ schließt sich an einen älteren — wie es scheint, nicht allgemein bekannt gewordenen²⁾ —

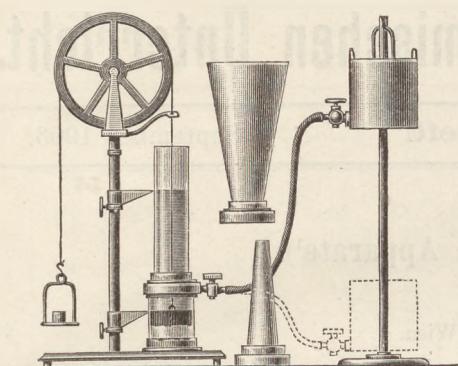


Fig. 2.

Bodendruckapparat (Fig. 2) an, bei dem die den Bodendruck erleidende Fläche nicht einer von unten her angedrückten Platte, sondern einem wasserdicht verschiebbaren Kolben angehört; der Kolben besteht aus Hartgummi und hat am oberen Rande eine ringsumlaufende Rinne, die, mit Quecksilber gefüllt, zugleich wasserdichten Abschluß und Verminderung der Reibung gewährt. Unter dem Kolben ist der Glaszyylinder offen und steht mit der äußeren Luft in Verbindung.

Im neuen Apparat (Fig. 3—5) ist ein ähnlicher Kolben aus Hartgummi in eine

Eisenschale eingeschraubt, die auf den Tisch oder auf die eine Schale einer Tafelwage gestellt wird. Über ihn läßt sich quecksilberdicht das bewegliche Gefäß schieben. Dieses

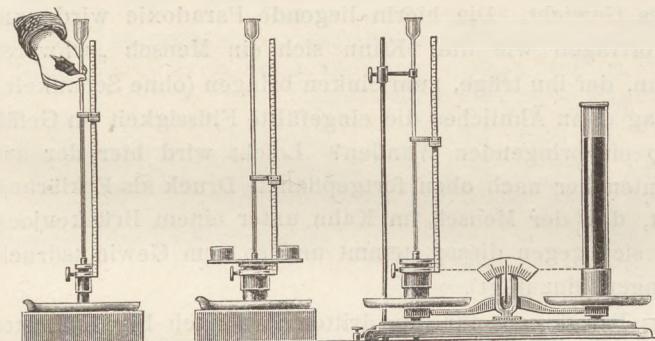


Fig. 3.

Fig. 4.

Fig. 5.

Gefäß besteht aus einem dickwandigen genau zylindrisch ausgeschliffenen Glasrohr, auf das oben ein Stahldeckel gekittet ist; in diesen Deckel ist eine Trichterröhre eingeschraubt. Die beschriebenen Teile sind in zweierlei Querschnitten ausgeführt, nämlich Kolben und weiter Zylinder mit den Halbmessern 1 cm und 2 cm, die Trichterröhre N

mit den Halbmessern 1 mm und 2 mm; sie können wechselweise in den Stahldeckel eingeschraubt werden.

Wird der Apparat auf die feste Tischplatte gestellt und in die Trichterröhre Quecksilber eingegossen, so hebt dieses die beweglichen Teile; sie schwimmen gewissermaßen auf dem Quecksilber (genauer betrachtet drückt das Gewicht von Glasröhre und Stahldeckel das Quecksilber schon ein wenig in die enge Röhre empor, und der Bodendruck dieser kurzen Quecksilbersäule pflanzt sich durch die zwischen Kolben und Stahldeckel befindliche Quecksilberschicht nach oben auf den Stahldeckel fort). Um nun eine längere Quecksilbersäule in die enge Röhre zu bekommen, kann man 1. die Trichterröhre mit der Hand fassen und hinunterdrücken (Fig. 3), oder man kann statt dieses Druckes der Muskelkraft 2. den Druck von Gewichten wirken lassen, die auf eine Platte oberhalb des Stahldeckels gelegt werden (Fig. 4), oder man kann 3. die Trichterröhre mittels eines Statis verfestigen (wie in Fig. 5). Namentlich beim unmittelbaren Anfassen mit der Hand (in 1) wird es nun ersichtlich, daß von dem abwärts gerichteten Druck der Muskelkraft sich auch etwas auf den festen Kolben fort-

²⁾ Der Apparat wurde zu Anfang der 90er Jahre von dem Mechaniker Steflitschek in Wien hergestellt und mit einigen kleinen Verbesserungen dem Lehrmittelverzeichnis von Höfler-Maiss (d. Zeitschr. IX 175) eingereicht; er ist auch bereits in der „Naturlehre für die unteren Klassen“ von Höfler und Maiss abgebildet.

pflanzt; hierdurch aufmerksam gemacht, erkennt der Schüler auch bei dem Auflegen der Gewichte (in 2) den Beitrag dieses Gewichtsdrucks zum Bodendruck und übersieht nun auch beim Anwenden des bloßen Stativs (in 3) nicht mehr den Anteil, den der von außen auf die Gefäßwände auszuübende Druck an dem Bodendruck auf den Kolben hat.

All dies wird aber noch viel deutlicher (im besonderen Sinne „physikalisch anschaulich“, d. Zeitschr. XIII 65), wenn die bisher als fix gedachten Kolben auf die Wagschale gestellt werden (Fig. 5), wobei als Gegengewicht ein bis zur Druckhöhe mit Quecksilber gefüllter Standzylinder verwendet werden kann: denn nun ist wieder der Kolben beweglich, und es können schrittweise durch den Druck der Hand (1), der Gewichte (2), des Stativs (3) auch die Gefäßwände teils noch beweglich, teils wieder fix wie bei den gewöhnlichen Bodendruckapparaten gemacht werden.

2. Ein Apparat für den Seitendruck.

Der Satz, daß an einer vertikalen rechteckigen Wand der Seitendruck im ersten Drittel der Höhe angreift, wird durch den nebenstehend abgebildeten Apparat (Fig. 6) bestätigt. Zwischen zwei genau parallelen Wänden aus Spiegelglas ist eine Metallplatte um die im ersten Drittel von unten angebrachte wagrechte Achse drehbar. Wird das Gefäß bis über das dritte Drittel mit Wasser gefüllt, so wird der obere Teil der Platte nach außen gedrängt, die Resultierende aller Drucke greift also noch oberhalb der Achse an. Indem der Wasserspiegel allmählich bis zu jenem dritten Drittel sinkt, zeigt dann

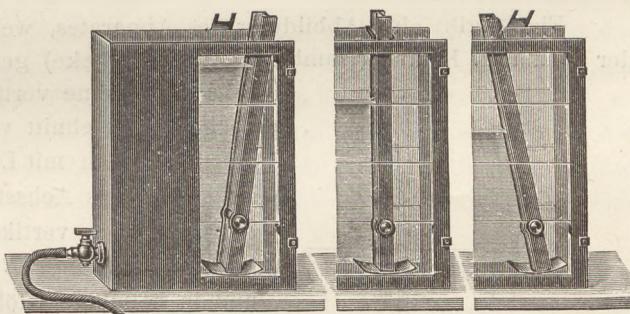


Fig. 6.

die Platte weder eine Tendenz, nach außen, noch eine, nach innen umzukippen. Hier greift also die Resultierende an der Achse, also im ersten Drittel, an. Bei noch weiterem Sinken neigt sich dann die Platte nach innen. An der Rückseite des Apparates befindet sich ein Hahn, um erforderlichenfalls das Wasser schneller abzulassen, als es an der Vorderseite zwischen der Metallplatte und den Glaswänden allmählich durchsickert.

Es war nicht ganz leicht, einen annähernd wasserdichten Anschluß der Ränder der Platte an die Glaswände zu erzielen. Die Platte wurde an den Rändern etwas verbreitert (in der Weise der T-Eisen); überdies eine Furche anzubringen und sie mit Fett auszufüllen, um bessere Dichtung zu erzielen, erwies sich als nicht zweckmäßig, da das Fett bei der Berührung mit dem Wasser zäh wird und die Reibung am Glas eher noch erhöht. Vielleicht läßt sich aber doch ein anderes geeigneteres Dichtungsmittel ausfindig machen.

Am unteren Ende trägt die Platte einen breiteren Abschluß von zylindrischer Krümmung, der in einer ebenso gekrümmten Platte am Boden des Gefäßes schleift, damit auch bei größerer Drehung der Platte nach ein- oder abwärts der Abschluß des Wassers noch erhalten bleibt. An eben diesem zylindrischen Absatz ist auch das Äquilibriergewicht angebracht, vermöge dessen die Platte in Bezug auf die Drehungssachse im indifferenten Gleichgewicht bleibt³⁾.

3) Die beschriebenen Apparate werden von der Firma W. J. Rohrbeck, Wien I Kärtnerstraße 59 geliefert, und zwar der Apparat Fig. 2, 3—5 für 70 Kronen, Fig. 6 für 48 Kronen.

Apparat zur Demonstration der Zug- und Druckspannungen in einem festen Körper, sowie zur experimentellen Ableitung des Momentensatzes.

Von

Prof. E. Grimsehl in Hamburg.

In der „Zeitschrift für mathematischen und naturwissenschaftlichen Unterricht“ XXXIV, 98—113 habe ich in einem Aufsatze über die „Einfachen Maschinen“ betont, daß man bei der mechanischen Kraftübertragung die in dem Kraft übertragenden Körper auftretenden Druck- und Zugspannungen nicht vernachlässigen darf, da erst durch das Auftreten dieser Spannungen die Kraftübertragung vermittelt wird.

Der folgende Apparat soll dazu dienen, die Spannungskomponenten einer Kraft, die in einem Punkte eines in der Ebene durch zwei oder mehrere feste Punkte befestigten Körpers angreift, durch zusammengedrückte und ausgedehnte Spiralfedern zu demonstrieren.

Fig. 1 gibt eine Abbildung des Apparates, welcher nach meinen Angaben von der Firma A. Krüss (Hamburg, Adolfsbrücke) gebaut wird. Auf einem Dreifuß

erhebt sich eine vertikale Eisenstange *A* von quadratischem Querschnitt von 70 cm Höhe, die in Abständen von 2 zu 2 cm mit Löchern zum Einsetzen von Stahlstiften, die als Achsen dienen, versehen ist.

Auf der vertikalen Stange ist eine ebensolche horizontale Stange *B* von 30 cm Länge verschiebbar und in beliebiger Höhe durch eine in der Figur nicht sichtbare Druckschraube feststellbar. Als elastische Körper dienen Spiralfedern von gleicher Länge, aus dünnem Stahldraht hergestellt, die an den Enden zylindrische Hülsen zum Überschieben über die in die Löcher der Stativstange gesteckten Stahlstifte haben.

Die auf Druck beanspruchte Spiralfeder hat noch eine besondere Vorrichtung, durch welche eine Durchbiegung derselben verhindert wird. In Fig. 2 ist ein

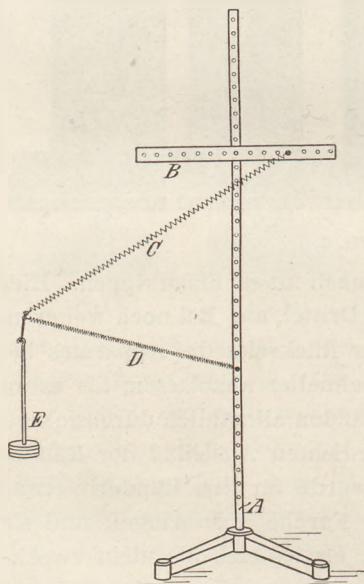


Fig. 1.

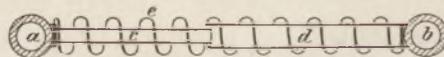


Fig. 2.

abgekürzt gezeichnetes Ende derselben in vergrößertem Maßstabe abgebildet. An der einen Endhülse *a* der Feder ist eine dünne, aber steife Stahlstange *c*, an der anderen Endhülse *b* ein dünnwandiges Messingrohr *d* hart angelötet. Die Stahlstange ist in dem Messingrohr leicht verschiebbar. Durch diese Verbindung ist eine in ihrer Länge veränderliche, aber gegen Verbiegung steife Stange hergestellt. Über diese Stange ist die elastische Spiralfeder *e* gestreift, doch ist auch hier noch so viel Zwischenraum, daß die Reibung der einzelnen Teile gegen einander möglichst gering ist.

In Fig. 1 ist *C* eine auf Zug, *D* eine auf Druck beanspruchte Spiralfeder, von denen je ein Ende, wie erwähnt, mit der Endhülse über einen der im Stativ befindlichen Stahlstifte geschoben ist. Die anderen Endhülsen sind in einem Punkte durch

einen in Fig. 3 besonders abgebildeten Doppelhaken vereinigt, an dessen unterer Öse das als Kraft wirkende Gewicht E befestigt ist.

An der Verlängerung von C kann man die wirkende Zugkomponente, an der Verkürzung von D die wirkende Druckkomponente der Kraft E beobachten, deren Größe auch direkt meßbar ist, wenn man durch einen Vorversuch die Elastizitätskoeffizienten der Federn, die bei gleichen Federn natürlich gleich sind, bestimmt hat. Daß die beiden Komponenten von C und D mit der Kraft E zu einem Kräfteparallelogramm vereinigt werden können, braucht wohl nicht weiter ausgeführt zu werden.

In Fig. 1 ist der Fall dargestellt, wo die Angriffslinie der Kraft E ganz außerhalb des von C und D gebildeten Winkelraumes fällt. Wirkt aber die Kraft so, daß die Angriffslinie in diesem Winkelraum liegt, so sind beide durch E erzeugte Komponenten Druckkräfte, und beide Federn müssen Druckfedern sein. Fällt dagegen die Verlängerung der Angriffslinie von E in den von C und D gebildeten Winkelraum, so sind beide Komponenten Zugkräfte, und die angewandten Federn müssen Zugfedern sein.

Man kann natürlich auch die Fälle untersuchen, daß mehr als zwei Punkte des Körpers befestigt sind, da man dann nur noch eine dritte Feder mit der einen Endhülse am Stativ, mit der anderen am Angriffspunkte der Kraft zu befestigen braucht. Es zerfällt dann E in mehr als zwei Komponenten. Durch die Verstellbarkeit der Achsen und durch die Verschiebbarkeit von B längs A , sowie endlich durch Anwendung von Federn verschiedener Länge und verschiedener Elastizität ist eine sehr mannigfaltige Anordnung der in Frage kommenden Verhältnisse möglich.

Der Apparat eignet sich auch besonders zur Demonstration der an den Knotenpunkten von Dach- und Brückenkonstruktionen auftretenden Spannungsverhältnisse.

Derselbe Apparat mit einer geringen Modifikation (Fig. 4) gestattet die experimentelle Ableitung des Momentensatzes unter Benutzung des Prinzips, daß zwei an einem Körper angreifende Kräfte dann äquivalent sind, wenn sie bei dem Körper gleiche Spannungszustände hervorrufen.

Es wird ein Stahlstift in die vertikale Säule A des Stativs eingesteckt; derselbe bildet die Achse O eines Brettes C aus Lindenholz. Auf die Vorderseite ist mittels vier Reißbrettstiften ein Bogen weißes Papier gehetzt, das also leicht durch ein anderes ersetzt werden kann. An das Brett ist auf der Oberkante ein langer Holzzeiger D angesetzt, der durch seine Stellung parallel der Stativstange die Nulllage des Brettes anzeigt. Damit das Brett nicht ganz umkippen kann, aber trotzdem innerhalb weiter Grenzen drehbar ist, ist in zwei Löcher der horizontalen Stativstange B ein Drahtbügel eingesetzt.

Die elastische Spannung des Körpers C ist dadurch erreicht, daß auf die Rückseite des Brettes eine Holzrolle aufgeleimt ist, um welche eine am Ende mit einem kleinen Haken H versehene dünne Schnur geschlungen ist. An den Haken H ist eine elastische, aus dünnem Stahldraht gefertigte Spiralfeder F mit dem einen Ende

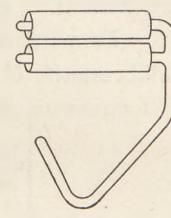


Fig. 3.

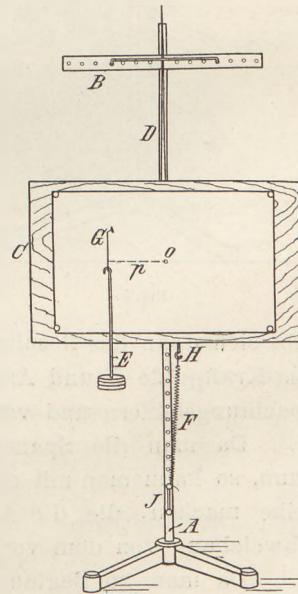


Fig. 4.

befestigt. An das andere Ende der Feder ist ein Faden geknüpft, der um zwei in die Stativstange gesteckte Stifte *J* geschlungen werden kann, nachdem man die Feder *F* beliebig gespannt hat. Fig. 5 zeigt eine seitliche Ansicht des Apparates, aus der man die Anordnung des Zeigers *D* und der Rolle *R* an dem Brette *C*, sowie den Haken *H* mit Feder *F* und die Befestigungsstifte *J* deutlicher erkennen kann.

Es wird dann ein mit einem Haken oder mit einem Knopf versehener größerer Reißbrettstift *G* an einer beliebigen Stelle des Brettes eingesteckt und an diesen

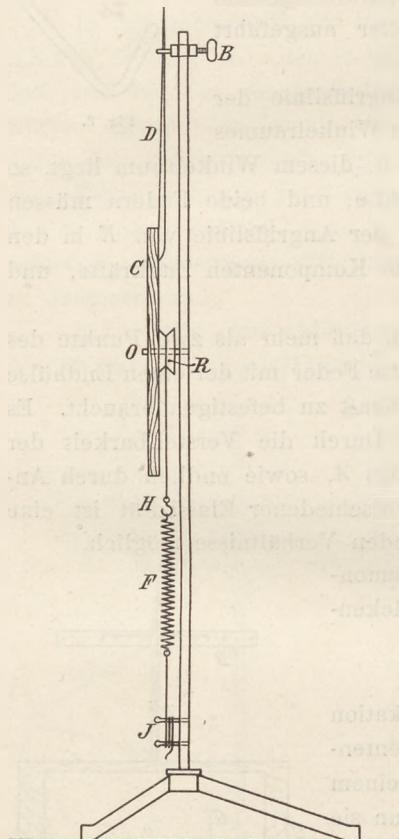


Fig. 5.

Haken ein dünner Faden gehängt, an dessen unterem Ende das als Kraft wirkende Gewicht *E* befestigt ist. Es wird das Brett durch die Kraft *F* unter Anspannung der Feder *F* gedreht. Man kann nun entweder die Kraft *E* oder den Angriffspunkt *G* der Kraft beliebig variieren. Das geschieht so lange, bis der Zeiger *D* genau vertikal, also unmittelbar vor der Stativstange *A* steht. Man bezeichnet dann mit einem Bleistift den Angriffspunkt *G* und die durch den Faden angegebene Kraftrichtung und schreibt neben *G* eine Zahl, welche die Größe der angewandten Kraft angibt. Darauf wird der Angriffspunkt der Kraft und die Größe der Kraft aufs neue so lange verändert, bis wieder der Zeiger *D* in der Nulllage steht. Man kann ferner noch die Kraftrichtung dadurch verändern, daß man den an *G* hängenden Faden erst um eine Rolle führt und dann erst das Gewicht anhängt. Jedesmal wird in der angegebenen Weise Angriffspunkt, Kraftrichtung und Kraftgröße auf dem Papier bezeichnet. Nachdem man so eine größere Anzahl von Einzelbeobachtungen gemacht hat, löst man das Papier vom Brett und fällt von der Achse aus auf die einzelnen Kraftrichtungen oder Angriffslinien die Lote *p* und mißt ihre Länge mit irgend einer Längeneinheit. Das Messungsergebnis wird an das Lot *p* angeschrieben. Es er-

gibt sich dann das Resultat, daß das Moment der einzelnen Kräfte, d. h. das Produkt aus Kraftgröße *E* und Arm *p* stets dasselbe ist, abgesehen von den natürlichen Beobachtungsfehlern und von den durch die Reibung verursachten Abweichungen.

Da man die Spannung der Feder *F* innerhalb gewisser Grenzen verändern kann, so kann man mit einem neu aufgelegten Stück Papier eine neue Beobachtungsreihe machen, die die Äquivalenz der jetzt wirkenden Kräfte unter sich, aber in Abweichung von dem vorigen Resultat zum Ausdruck bringt.

Da man zu Beginn einer Beobachtungsreihe ein im wahren Sinne des Wortes unbeschriebenes Stück Papier vor sich hat, bei dem eine bestimmte Vorschrift über die Angriffspunkte der Kräfte durch Löcher oder Stifte nicht vorhanden ist, so sind die Versuche, besonders wenn sie von Schülern in den physikalischen Schülerübungen gemacht werden, frei vom Einfluß vorgefaßter Meinungen. Mit einer gewissen Spannung erwarten die Schüler nach Vollendung einer Beobachtungsreihe ihr erst am Schluß der Beobachtungen sich ergebendes Versuchsresultat.

Es mag noch bemerkt werden, daß man natürlich statt der durch die Feder F verursachten Spannung auch eine durch ein im beliebigen Punkte angehängtes Gewicht hervorgerufene Kraft mit entgegengesetztem Drehungssinn zum Vergleiche der zu messenden Momente anwenden kann.

Man kann auch die Wirkung einer Einzelkraft mit der gemeinsamen Wirkung mehrerer anderer vergleichen, indem man an mehreren Punkten gleichzeitig Kräfte angreifen läßt, deren Gesamtwirkung erst die Einstellung des Zeigers in die Nullstellung erzeugt; dann ist die Momentensumme dieser Kräfte gleich dem Momente der ihr äquivalenten Kraft.

Demonstrations-Nernstlampe.

Von

Prof. E. GRIMSEHL in Hamburg.

Die im Handel käuflichen Nernstlampen sind aus praktischen Gründen so montiert, daß ihre einzelnen Bestandteile einen möglichst kleinen Raum beanspruchen. Infolgedessen ist aber die Wirkungsweise der einzelnen Teile im Unterricht schwer zu beobachten. Aus diesem Grunde habe ich eine Nernstlampe Modell B 1902 zerlegt

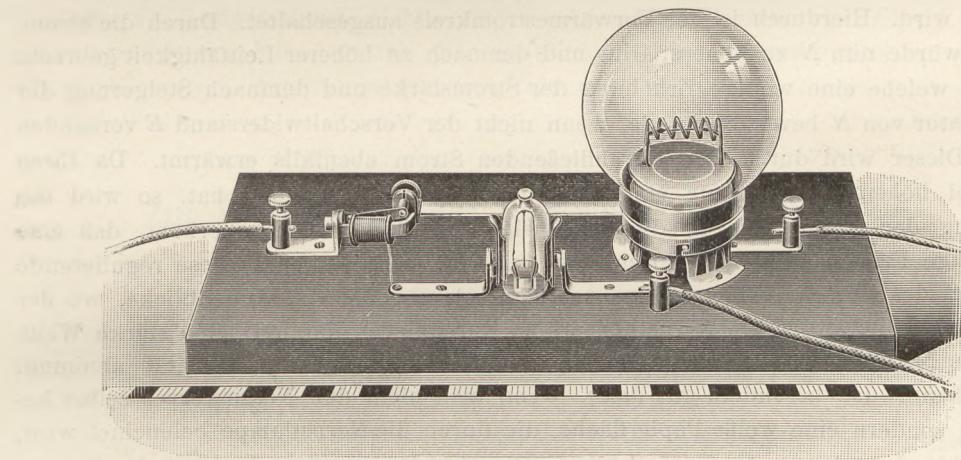


Fig. 1.

und auf einem Grundbrette so montiert, daß man sowohl den Stromverlauf, wie auch die Wirkungsweise der einzelnen Teile gut verfolgen kann. Fig. 1 ist eine nach Photographie hergestellte Zeichnung der Demonstrations-Nernstlampe.

Fig. 2 gibt eine schematische Darstellung der Anordnung. $P+$ und $P-$ sind die mit den Polen einer 110 voltigen Stromquelle zu verbindenden Zuleitungsklemmen. Der bei $P+$ eintretende Strom geht in den automatischen Ausschalter A und gabelt sich hier in zwei Zweige, von denen der eine Zweig durch die Magnetwickelung des Ausschalters, der andere in den Anker des Ausschalters geht. Der erste Zweig verläuft nun so, daß er erst durch einen

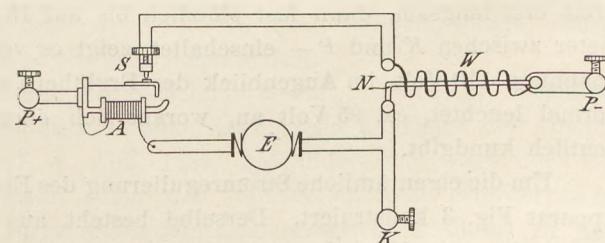


Fig. 2.

dünnen Eisendraht geht, der in einem kleinen mit Wasserstoffgas gefüllten Glasbehälter spiraling befestigt ist. Dieser Eisendraht E ist der für die längere Lebensdauer der Lampe unumgänglich notwendige Vorschaltwiderstand, durch den eine automatische Regulierung der Stromstärke bewirkt wird. Von hier aus geht der erste Zweig des Stromes durch den eigentlichen Nernstkörper N und vereinigt sich nach Durchfließen desselben in der Zuleitungsklemme P — mit dem zweiten Stromzweige, der durch den Anker des Ausschalters A zur Kontaktschraube S und von hier durch die Vorwärmespirale W geht. Außerdem ist noch die Klemme K angebracht, die die Verbindung dieses Punktes mit einem Voltmeter vermitteln soll.

Die Wirkungsweise der Lampe ist folgende: Da der Nernstkörper bei gewöhnlicher Temperatur einen so hohen elektrischen Widerstand hat, daß man ihn als Nichtleiter ansehen kann, so hat nur der durch die Kontaktschraube S und die Vorwärmespirale W fließende Stromkreis eine meßbare Größe. Die Wirkung dieses Stromes ist das Erglühen des dünnen Drahtes der Vorwärmespirale. Sobald nun durch die von der Spirale ausgehende Wärme der Nernstkörper N bis zur Rotglut erhitzt ist, wird auch dieser leitend. Die Folge ist, daß der durch A , E und N fließende Strom auch eine wirksame Stärke bekommt, welche den Nernstkörper N durch Joulesche Wärme weiter erwärmt, und welche gleichzeitig den Elektromagneten von A erregt, wodurch der Anker von A angezogen und von der Kontaktschraube S entfernt wird. Hierdurch ist der Vorwärmestromkreis ausgeschaltet. Durch die Stromwärme würde nun N zu höherer Glut und demnach zu höherer Leitfähigkeit gebracht werden, welche eine weitere Erhöhung der Stromstärke und demnach Steigerung der Temperatur von N bewirken würde, wenn nicht der Vorschaltwiderstand E vorhanden wäre. Dieser wird durch den durchfließenden Strom ebenfalls erwärmt. Da Eisen aber bei höherer Temperatur einen erhöhten Leitungswiderstand hat, so wird mit Erhöhung der Stromstärke in diesem Zweige der Widerstand so erhöht, daß eine selbsttätige Erniedrigung der Stromstärke eintritt. Man erkennt diese regulierende Wirkung des Vorschaltwiderstandes sehr gut daran, daß im Augenblicke, wo der Strom den Leiterzweig des Nernstkörpers zu durchfließen anfängt, eine starke Weißglut des Nernstkörpers erfolgt, welche unmittelbar darauf an Intensität abnimmt. Man erkennt das besonders gut dann, wenn man nicht den Nernstkörper selbst betrachtet, sondern eine weiße Papierfläche, die durch die Nernstlampe beleuchtet wird. Bei Abblenden des vom Nernstkörper ausgehenden weißen Lichtes durch eine übergesetzte Papphülse erkennt man auch die dunkle Rotglut des Vorschaltwiderstandes. Die beim Anbrennen des Nernstkörpers vor sich gehende Spannungsschwankung kann man auch an einem zwischen P + und K eingeschalteten aperiodischen Voltmeter beobachten, das beim Eintreten des Stromes in den Beleuchtungskreis erst langsam, dann fast plötzlich bis auf 15 Volt steigt. Wenn man das Voltmeter zwischen K und P — einschaltet, zeigt es vor Erglühen des Nernstkörpers die Spannung 110 Volt, im Augenblick des Erglühens ca. 100 Volt, und wenn die Lampe normal leuchtet, ca. 95 Volt an, woraus sich ebenfalls die Widerstandsveränderung deutlich kundgibt.

Um die eigentümliche Stromregulierung des Eisendrahtes zu demonstrieren, ist der Apparat Fig. 3 konstruiert. Derselbe besteht aus einer 30 cm langen Spirale aus Eisendraht von 150 cm Länge und 0,5 mm Dicke. Diese ist in einem 40 mm dicken, mit Wasserstoffgas gefüllten Glasrohr ausgespannt. Die Enden des Eisendrahtes sind hart an Kupferdrähte gelötet, die, durch die verjüngten Enden des Glasrohres durchgeführt, an zwei Polklemmen endigen, die gasdicht auf die Glasrohrenden aufgekittet

sind. Um das Glasrohr mit Wasserstoff füllen zu können, befinden sich noch zwei seitliche mit Gummischlauch und Glasstopfen verschlossene dünne Rohransätze an dem Umhüllungsrohr.

Verbindet man die beiden Polklemmen von Fig. 3 mit der Starkstromleitung unter Vorschaltung eines Regulierwiderstandes, schaltet man außerdem ein Ampèremeter in die Zuleitung und ein Voltmeter an die beiden Enden der Eisendrahtspirale, so kann man folgende Beobachtung machen. Man reguliert durch den Vorschaltwiderstand die Stromzuführung so, daß an den Enden der Spirale die Spannung von 5 Volt herrscht, dann zeigt das Ampèremeter die Stromstärke von 5 Ampère an, woraus sich als Widerstand der Eisendrahtspirale der Wert von 1 Ohm berechnet. Erhöht man dann die Spannung an den Enden der Spirale, so fängt die Spirale an zu glühen, aber die Stromstärke steigt nach Angabe des Ampèremeters fast gar nicht. Man kann die Spannung bis auf 40 Volt erhöhen, ohne daß eine wesentliche Steigerung der Stromstärke eintritt. Infolge der durch den Strom verursachten Temperaturerhöhung steigt der Widerstand der Eisendrahtspirale auf nahezu den achtfachen Wert. Diese automatische Regulierung der Stromstärke verhindert das überschreitende Ansteigen der Stromstärke in der Nernstlampe, trotzdem der Widerstand des Nernstkörpers mit der Temperatur stark abnimmt. Zugleich erklärt sich hieraus auch die eigentümliche Spannungsschwankung an dem mit der Klemme K (Fig. 2) verbundenen Voltmeter, welche oben beschrieben war¹⁾.

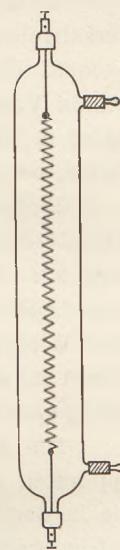


Fig. 3.

Zur Konstruktion der Machschen Wellenmaschine.

Von

Prof. Dr. K. Mack in Hohenheim.

Die Machsche Wellenmaschine ist ohne Zweifel das beste und zweckmäßigste Hilfsmittel, um auf anschaulichem, elementarem Wege in das Verständnis der Wellenbewegungen einzuführen. Die Maschine bietet insbesondere den Vorteil, daß die Erzeugung der Wellenbewegungen in übersichtlicher und unmittelbar verständlicher Weise erfolgt; nichts ist anschaulicher, als die Erzeugung der fortschreitenden Transversalwelle, die doch den besten Ausgangspunkt für die Betrachtung der Wellenbewegungen bildet, durch das Herausziehen der Schiene aus dem Apparat und das dadurch bedingte Freiwerden der aus ihrer Gleichgewichtslage herausgehobenen Kugeln. Auch die Möglichkeit der Überführung des transversalen in den longitudinalen Schwingungszustand ist didaktisch wertvoll; die nahe Verwandtschaft beider Schwingungszustände wird dadurch augenfällig demonstriert.

Was die konstruktive Ausführung der Maschine betrifft, so scheint dasjenige Modell das bekannteste und verbreitetste zu sein, das in dem Lehrbuch der Physik von Müller-Pfaundler Bd. I (S. 627, 9. Aufl. 1886) geschildert und abgebildet ist. Dort sind an Nebenapparaten, welche außer der selbstverständlich erforderlichen Schiene, die zur Erzeugung der fortschreitenden Transversalwellen dient, zu der Maschine gehören, die folgenden 3 angegeben:

¹⁾ Der vorstehend beschriebene Apparat wird von der Firma A. Krüss, Hamburg, Adolfsbrücke nach den Angaben des Verfassers gebaut.

1. Ein Schieber mit Nut, der auf einer Leiste unter den zunächst ruhenden Kugeln vorbeigeschoben wird zur Erzeugung der fortschreitenden Longitudinalwelle.
2. Ein in Wellenform gebogener Draht zur Erzeugung der stehenden Transversalwelle.

3. Eine lange Leiste mit eingeschlagenen Drahtstiften, deren verschiedene Abstände Verdichtung und Verdünnung veranschaulichen. Die an die Drahtstifte angelegten Kugeln werden rasch freigegeben und zeigen die stehende longitudinale Welle. —

Bekanntlich war die Benutzung all dieser Nebenapparate in der ursprünglichen Absicht von Mach selbst nicht gelegen; er empfahl, die longitudinalen Wellen durchweg aus den transversalen durch Drehung der Schwingungsebene abzuleiten. Das ursprüngliche Konstruktionsprinzip des Apparats zielt offenbar auf diese Möglichkeit ab. Wird so verfahren, so werden von den obigen 3 Nebenapparaten zwei, nämlich 1. und 3., entbehrlich und man braucht außer der Schiene nur noch den wellenförmig gebogenen Draht.

Die Ausführung der Maschine in der komplizierteren Form mit den 3 Nebenapparaten geschah natürlich nicht ohne Gründe; diese sind wohl darin zu suchen, daß die in der Idee sehr einfache Drehung der Schwingungsebene nicht leicht in völlig befriedigender Weise konstruktiv zu verwirklichen ist: durch die Drehung kommen nämlich leicht störende Einflüsse hinzu, die bewirken, daß die zu erzeugenden Longitudinalwellen nicht mehr regelmäßig ausgebildet sind. So zog man vor, die letzteren direkt mit Hilfe jener Nebenapparate zu erzeugen. —

In der hiesigen physikalischen Sammlung befand sich ein älteres Exemplar der Maschine, das vor ca. 20 Jahren in der Werkstatt des Kabinetts hergestellt worden war, und bei welchem, der ursprünglichen Machschen Idee entsprechend, die longitudinalen Wellen durch Drehung der Schwingungsebenen aus den transversalen erzeugt wurden. Als dieses Exemplar, das sich bei sorgfältiger Ausführung der Versuche als recht brauchbar erwies, im Lauf der Jahre schadhaft wurde, faßte ich die Herstellung eines neuen ins Auge, bei dessen Ausführung ich immerhin einige konstruktive Verbesserungen dem alten gegenüber anzubringen wünschte. Insbesondere kam es mir darauf an, den Drehungsmechanismus so zu gestalten, daß eine ganz störungsfreie Herstellung der longitudinalen Wellen aus den transversalen gewährleistet ist; sodann sollten die stehenden Wellen beider Art unter Benutzung des wellenförmig gebogenen Drahts in möglichster Reinheit darzustellen sein.

Nach mehrfachen Abänderungen ergab sich schließlich ein Modell (Fig. 1), das den ausgesprochenen Forderungen in vollem Maß gerecht wird, und das somit gestattet, alle 4 Arten von Wellen, die beiden fortschreitenden und die beiden stehenden, mit Hilfe nur eines Nebenapparats, nämlich des wellenförmig gebogenen Drahts, leicht und sicher darzustellen. Das Modell bietet außerdem den Vorteil einer relativ einfachen Konstruktion, was wiederum einen verhältnismäßig billigen Preis der Maschine in dieser Form ermöglicht¹⁾.

Es sollen in folgendem die wesentlichsten Punkte namhaft gemacht werden, in denen von der bisher üblichen Ausführung der Maschine abgegangen wurde.

1. Um die Schwingungsebenen der Pendel unter Fernhaltung von Störungen drehen zu können, erwies es sich als vorteilhaft, die vordere dünne Führungsschiene (*in n*), welche die Tragbrettchen (*B*) der Pendelaufhängungen miteinander verbindet,

¹⁾ Mechaniker C. Pfisterer in Plieningen bei Hohenheim, der Verfertiger des geschilderten Modells, liefert den Apparat um den Preis von 50 M. mit allem Zubehör.

nicht aus einem Stück, sondern aus einzelnen Gelenkstücken herzustellen²⁾). Jedes Gelenkstück reicht von einem der Brettchen (*B*) bis zum nächsten. Das Ende des vorangehenden Gelenkstücks und der Anfang des folgenden sind um dieselbe vertikale Achse drehbar. Erschütterungen der Tragbrettchen während der Drehung sind bei

dieser Konstruktion, wenn zugleich die Achsen leicht beweglich hergestellt sind, ausgeschlossen. Ein kleiner Handgriff in der Mitte der Hauptleiste (*c d*), mit dessen Hilfe die Drehung vorgenommen wird, trägt ebenfalls zu leichtem und erschütterungsfreiem Verlauf derselben bei.

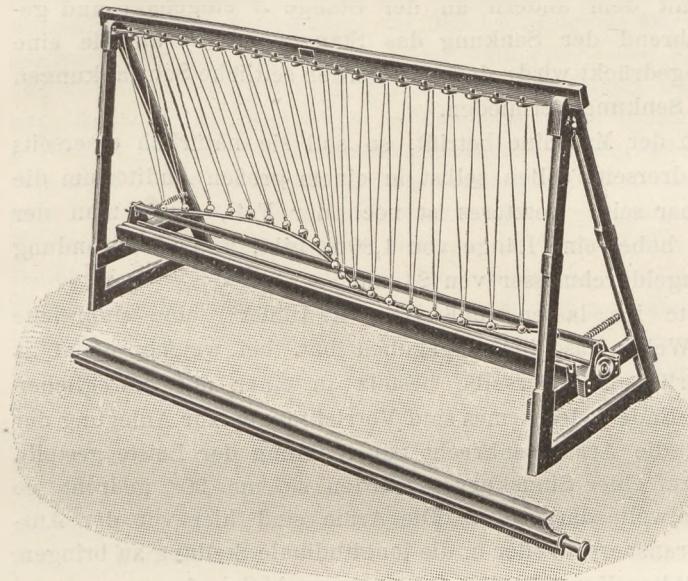


Fig. 1.

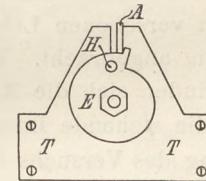


Fig. 2.

2. Besonders wichtig für die Herstellung der stehenden Wellen ist, daß der wellenförmig gebogene Draht die aus ihrer Gleichgewichtslage herausgehobenen Kugeln genau gleichzeitig und ohne Erschütterungen freigibt. Es gelingt dies, wenn der Draht mit einer sicher funktionierenden Senkungsvorrichtung verbunden ist, bei welcher die Senkung durch rasche Drehung von geeignet konstruierten Exzentern bewirkt wird. Der Mechanismus muß so eingerichtet sein, daß die Ebene des Drahts während der Senkung horizontal bleibt, und daß die Senkung von einer einzigen Stelle aus durch die Hand des Experimentators bewirkt wird. Damit der wellenförmig gebogene Draht weder elastischen Schwankungen noch der Verbiegung ausgesetzt ist, muß er entsprechend stark konstruiert sein; ich habe die Wellenlinie aus einer dünnen Eisenstange von quadratischem Querschnitt (Quadratseite = 6 mm) herstellen lassen. Ein Eisenstab von T-förmigem Querschnitt trägt die Wellenlinie und ist fest mit ihr verbunden; die Enden dieses Stabs ruhen auf der Senkungsvorrichtung auf. Die letztere besteht aus 2 kongruenten und parallel gestellten exzentrischen Scheiben (s. Fig. 2), die an den beiden Enden der Maschine sich befinden und durch eine eiserne Stange fest miteinander verbunden sind. An jeder der beiden Scheiben ist ein Handgriff angebracht, sodaß die Drehung der Exzenter vom einen oder vom andern Ende aus vorgenommen werden kann. Die feste Verbindung der beiden Exzenter bewirkt, daß die Ebene der Wellenlinie bei der Senkung horizontal bleibt. Bei rascher Drehung an einem der beiden Handgriffe werden die Kugeln gleichzeitig und ohne Erschütterung frei.

Figur 2 stellt das eine Ende der Senkungsvorrichtung dar; das andere ist genau ebenso konstruiert. *E* bedeutet die Exzenter, die oben mit einem Anschlag versehen

²⁾ Die eingeklammerten Buchstaben beziehen sich auf die Fig. 635 des oben zitierten Bandes von Müller-Pfaundler.

ist, H den Handgriff, A das Ende des die Wellenlinie tragenden Eisenstabs, das auf der Exzenter aufruht und in einem Führungsschlitz der Tragplatte T sich auf- und abbewegen kann. T ist an einer horizontalen, hölzernen Querleiste befestigt. Eine in Fig. 1 angedeutete stählerne Spiralfeder, die mit einem Ende am Gestell des ganzen Apparats befestigt, mit dem andern an der Stange A eingehakt und gespannt ist, bewirkt, daß während der Senkung das Stangenende A an die eine Seite des Führungsschlitzes angedrückt wird; dadurch werden seitliche Schwankungen der Wellenlinie während der Senkung vermieden.

3. Was die Dimensionen der Maschine betrifft, so soll sie natürlich einerseits nicht zu voluminös sein, andererseits sollen selbst in einem großen Auditorium die Wellen überall deutlich sichtbar sein. Letzteres ist noch der Fall, wenn man der Maschine, wie ich es getan habe, eine Länge von 1,80 m gibt, unter Verwendung von 21 Pendeln mit einem Kugeldurchmesser von 24 mm. —

Nicht unerwähnt möchte ich lassen, daß Herr A. Höfle³⁾ eine sinnreiche Modifikation der Machschen Wellenmaschine angegeben hat, bei welcher ebenfalls nur ein Nebenapparat erforderlich ist. Derselbe besteht in einer mit beweglichen Armen versehenen Leiste; am Ende jedes Armes sind Vorrichtungen zur Anlegung der Kugeln angebracht. Werden die Arme senkrecht zur Richtung der Leiste gestellt, so befinden sich die Kugeln auf einer Sinuskurve; werden sie um 90° gedreht, so wird die stehende Longitudinalwelle dargestellt. Die Arme sind hier vor der Ausführung des Versuchs in die transversale oder in die longitudinale Stellung zu bringen, während bei der von mir gewählten Konstruktion der transversale Schwingungszustand — entsprechend der Machschen Grundidee — während der Bewegung in den longitudinalen übergeführt wird.

Über die Ableitung des Hebelgesetzes nach Grimsehl¹⁾.

Von

Hans Keferstein in Hamburg.

Im 2. Heft des laufenden Jahrgangs der Zeitschrift für mathematischen und naturwissenschaftlichen Unterricht hat E. GRIMSEHL einen Aufsatz „Die ‚einfachen Maschinen‘, insbesondere der Hebel im Physikunterricht“ veröffentlicht. Wir begegnen hier einer weiteren Ausführung von Gedanken, die schon wiederholt und in dieser Zeitschrift besonders nachdrücklich von POSKE im XV. Jahrgang ausgesprochen worden sind, und einer Reihe von Versuchen, deren grundlegende Idee FR. C. G. MÜLLER im gleichen Jahrgang im unmittelbaren Anschluß an die Ausführungen von POSKE angegeben hat. Wenn demnach die Abhandlung von Grimsehl auch nicht ganz Neues bringt, so wird sie doch die Mehrzahl der Physiklehrer und namentlich die unter ihnen, die in erster Linie Mathematiker sind, ziemlich fremdartig anmuten. Man muß gewisse Anschauungen, die man sich als „Werte“ zu betrachten gewöhnt hat, erst „umwerten“, ehe man die volle Bedeutung dieser Darstellung erfaßt. Eine eingehende Diskussion der in Frage kommenden sachlichen und methodischen Grundsätze dürfte zeigen, daß es sich hier nicht nur um Anderes, sondern auch um Besseres handelt, als bisher im Unterrichte in der Mechanik geboten wurde. Solche Erörterungen gerade an die Abhandlung von GRIMSEHL anzuknüpfen, liegt deshalb besondere Veranlassung

³⁾ Diese Zeitschrift IX, 66, 1896.

¹⁾ Anmerkung der Redaktion. Der Herr Verfasser hat, einer Aufforderung der Redaktion folgend, seine Bemerkungen zu Herrn Grimsehls Aufsatz derart erweitert, daß die Leser zugleich eine Übersicht über den wesentlichen Inhalt dieses Aufsatzes erhalten.

vor, weil in ihr eine Auffassung der Wirkungsart äußerer Kräfte angedeutet ist, die in den gebräuchlichen Lehrbüchern für den Schulunterricht jedenfalls nicht zu finden ist.

GRIMSEHL hebt zunächst noch einmal die Vernachlässigung der tatsächlichen Verhältnisse bei den üblichen Ableitungen des Hebelgesetzes hervor. Hiergegen wird man gewiß sofort geltend machen, daß sich ohne weitgehende Abstraktionen überhaupt keine übersichtliche und insbesondere für Schüler geeignete Darstellung der Naturerscheinungen gewinnen lasse und auch die Berücksichtigung der jeden mechanischen Vorgang begleitenden elastischen Deformationen, wie sie GRIMSEHL fordert, nur unter allerlei vereinfachenden und in der Wirklichkeit nicht erfüllten Annahmen stattfinden könne. Solchem Einwand gegenüber möchte ich als Grundsatz hinstellen: Unter mehreren Auffassungen eines Naturvorganges ist bei annähernd gleicher Durchsichtigkeit der verschiedenen Betrachtungsweisen stets diejenige zu bevorzugen, die den wirklichen Vorgängen am nächsten kommt. Bei dem Worte Durchsichtigkeit ist aber nicht an die Einfachheit und Evidenz von mathematischen Deduktionen zu denken, die an eine willkürliche Definition eines fingierten Gebildes geknüpft werden, sondern an eine auf Beobachtung gestützte und durch Versuche geförderte Einsicht in das, was an und mit den betrachteten Körpern selbst geschieht. Die mathematische Darstellung mag dann immerhin etwas umständlicher ausfallen, wenn sie nur mit elementaren Mitteln zu erledigen ist. Überhaupt ist das, was uns im physikalischen Unterricht auch der Oberklassen in erster Linie not tut, nicht so sehr die mathematische Formulierung von Gesetzen, — die neuen Lehrpläne leisten freilich einer solchen Auffassung Vorschub, — als vielmehr die Schulung des Wirklichkeitssinnes, der Fähigkeit, ohne irgend welche Voreingenommenheit an die Prüfung der Dinge heranzugehen und zunächst nicht mehr in das Geschehen hineinzulegen, als es unserer Wahrnehmung darbietet. Die Heranschaffung des der logischen Bearbeitung zu unterwerfenden Materials in reinem, unverfälschtem Zustande muß die erste Aufgabe der Physik sein; gerade der Unterricht in der Mechanik krankt an der Neigung, von vornherein mit Halbfabrikaten zu arbeiten, anstatt von den Rohstoffen auszugehen.

Von solchen Gesichtspunkten aus ist die GRIMSEHLSche Ableitung des Hebelgesetzes unzweifelhaft den üblichen Deduktionen weit vorzuziehen. Nach GRIMSEHLS Vorschlag hätte die Darbietung im Unterricht kurz folgenden Gang zu nehmen: Der Begriff des starren Körpers wird als physikalisches Unding von vornherein abgewiesen. Der Untersuchung der Wirkungsweise von Maschinen muß die Feststellung der Veränderungen vorausgehen, die sie selbst unter dem Einfluß einer an ihnen angreifenden Kraft erfahren, es sind also zunächst die „Gesetze der Formveränderung (Elastizität und Festigkeit) der Körper“ (S. 100 der Abhandlung von Grimsehl) zu behandeln. Durch Versuche an aufgehängten Drähten wird gezeigt, „daß sich jeder Draht bei einer Belastung dehnt und erst nach der Dehnung das Gewicht zu tragen vermag“ (ebenda); gleichzeitig ergibt sich, daß die an irgend einem Punkte des Drahtes oder Seiles wirkende Kraft durch die erzeugten Spannungszustände ohne Veränderung ihrer Größe nach irgend einem anderen Punkte des Drahtes übertragen wird. Die Grundlagen des Verständnisses der Seilmaschinen, der Rolle und des gemeinen Flaschenzuges sind hiermit gesichert. Weiter werden durch Versuche an einem Stück Gummi, einer Feder, einem starken Stahlstab die Wirkungen einer Druckkraft auf einen Körper und namentlich auch die Vorgänge bei der Biegung vorgeführt, wobei die Unzulässigkeit der Definition des Hebels als einer unbiegsamen Linie deutlich hervortritt. Es verdient besonders hervorgehoben zu werden, daß Grimsehl durch die bisher angedeuteten Experimente auf Grund wirklicher Erfahrung das gleiche Ergebnis gewinnt, das sonst aus der Fiktion des „absolut starren“ Körpers abgeleitet zu werden pflegt, daß nämlich die Wirkung einer Kraft an einem starren Körper nicht geändert wird, wenn man ihren Angriffspunkt längs ihrer Richtungslinie beliebig verlegt.

Noch auf einen zweiten Punkt ist hier aufmerksam zu machen, in dem mir gerade die bereits erwähnte eigenartige und sehr beachtenswerte Auffassung der Kraftwirkung enthalten zu sein scheint. Man kann offenbar den unteren Teil eines aufgehängten Drahtes als

eine an seinem oberen Stück angebrachte Belastung ansehen; die bei einer solchen Belastung eintretenden Vorgänge geben mir demnach nur Kenntnis von den Spannungszuständen, die auch schon im hängenden unbelasteten Drahte vorhanden sind. Der Gleichgewichtszustand in einem solchen Körper stellt sich dadurch her, daß in jedem seiner Punkte zwei gleiche und entgegengesetzt gerichtete Zugspannungen auftreten. Entsprechend finden wir in jedem Punkte einer auf fester Unterlage vertikal stehenden Stange zwei gleiche und entgegengesetzt gerichtete Druckspannungen. Ganz allgemein charakterisiert sich der Gleichgewichtszustand eines festen Körpers, an dem beliebig viele und beliebig gerichtete Kräfte in verschiedenen Punkten angreifen, dadurch, daß in jedem Punkte des Körpers paarweise gleiche und entgegengesetzt gerichtete Spannungen auftreten. — Unter welchen Bedingungen tritt nun eine Bewegung des Körpers ein? Den Satz vom Kräfteparallelogramm setzen wir

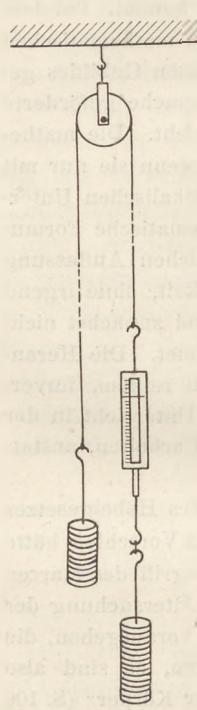


Fig. 1.

hier mit GRIMSEHL als gegeben voraus. Da die Bewegung eines Körpers, an dem beliebige Kräfte angreifen, stets durch das Anbringen weiterer Kräfte (Gegenkräfte), z. B. die Befestigung von 3 Punkten des Körpers, die nicht in derselben Geraden liegen, verhindert werden kann, so äußert sich für die Dauer des Gleichgewichtszustandes jede der gegebenen Kräfte als eine Zug- oder Druckspannung in dem gegebenen Körper. Bei Verkleinerung einer „Gegenkraft“ K um den Betrag K_1 bleibt in ihrer und in der entgegengesetzten Richtung eine Spannung von der Größe $K - K_1$ im Körper bestehen, während in der zweiten Richtung nunmehr eine bewegende Kraft von der Größe K_1 wirkt. Befestigt man z. B. an den beiden Enden eines über eine Rolle geführten Seiles unter Einschaltung eines oder auch beliebig vieler Kraftmesser Gewichtsstücke (Fig. 1) und stellt (unter Berücksichtigung der Reibung) Gleichgewicht her, so zeigen die Kraftmesser eine gewisse Zugspannung an, und zwar eine etwas größere auf der Seite, auf der durch die angehängten Gewichte auch die Reibung kompensiert ist. Nimmt man nun auf der anderen Seite ein Gewichtsstück weg oder legt auf dieser eins hinzu, so vermindert sich die Spannung um den betreffenden Betrag, dafür tritt aber Bewegung nach dieser letzten Seite hin ein. Kann die Bewegung des Körpers nur auf einer erzwungenen Bahn erfolgen oder handelt es sich um eine Drehung, so sind die angreifenden Kräfte derart zu zerlegen, daß eine Komponente durch den Widerstand der Bahn oder der Befestigungspunkte aufgehoben wird, die andere in die Richtung der möglichen Bewegung fällt. Auch von dieser zweiten Komponente äußert sich im allgemeinen wegen der Reibung und des Luftwiderstandes noch ein gewisser Bruchteil als innere Spannung des Körpers, der Rest als bewegende Kraft. Das Verfahren, das hiernach zur Ermittlung der schließlich eintretenden Bewegung führt, unterscheidet sich in der mathematischen Darstellung also von dem bisher üblichen nicht wesentlich, aber es hat eine den wirklichen Verhältnissen angepaßte Begründung erhalten, und das dürfte doch auch ein Fortschritt sein (vergl. S. 110).

Grimsehl gibt diesen Beziehungen, wie wir noch sehen werden, einen etwas anderen Ausdruck. Er verzichtet auf die Zerlegung der angreifenden Kräfte in Komponenten und untersucht das Ergebnis des Zusammenwirkens der unzerlegten Kräfte mit den durch sie im Körper erzeugten Gegenkräften (Zug- und Druckspannungen); er erhält als Resultat dann eben jene Komponenten. Sachlich ist es offenbar belanglos, ob man die vorher angedeutete oder die Grimsehlsche Darstellungsweise wählt, zu Gunsten jener spricht nur der psychologische Gesichtspunkt, daß sie sich formal enger an das übliche Verfahren anschließt.

Es schien notwendig, bei den einleitenden Gedanken des Grimsehlschen Aufsatzes etwas länger zu verweilen, weil gerade hier Auffassungsweisen vorliegen, in die man sich gewissermaßen erst hineinleben muß. Die wesentliche Forderung, die an den Lehrer gerichtet wird, ist die: der Schüler soll im Unterricht über die Mechanik fester Körper von

vornherein die durch Versuche begründete Überzeugung gewinnen, daß keine Kraftwirkung auf solche Körper stattfindet, ohne daß sie elastische Deformationen erleiden oder, anders ausgedrückt, in ihnen gewisse Spannkräfte entstehen.

Indem GRIMSEHL nun zur Betrachtung des Hebels übergeht, macht er zunächst wie schon POSKE darauf aufmerksam, daß es verfehlt ist, den Hebel als Gleichgewichtsmaschine zu betrachten, daß wir vielmehr mit dem Hebel etwas „machen“ wollen, bestimmt, daß hier „eine Drehkraft unter Vermittelung eines drehbaren Körpers durch eine ihr äquivalente ersetzt wird“ und sich demnach die Ableitung des Hebelgesetzes zu der Frage zusetzt: „Wann sind Drehkräfte äquivalent?“ (S. 103). Die Untersuchung wird auf den Fall beschränkt, daß die gleichwertigen Kräfte in einer zur Drehachse senkrechten Ebene wirken, und unter der Voraussetzung geführt, daß keine Beanspruchung des Körpers über die Elastizitätsgrenze hinaus stattfindet.

Der Fundamentalversuch, der in etwas abgeänderter Form von Herrn GRIMSEHL auf der diesjährigen Pfingstversammlung des Vereins zur Förderung des Unterrichts in der Mathematik und den Naturwissenschaften vorgezeigt worden ist (vergl. die Beschreibung in diesem Heft S. 260), hat in der Abhandlung in der Zeitschrift für mathemat. u. naturw. Unterricht folgende Fassung erhalten (S. 104—106, vergl. Fig. 2): „In ein festes Brett werden die beiden Nägel *A* und *B* eingeschlagen. An den oberen Nagel *A* wird ein Seil angebunden, dessen anderes Ende *C* an einem Stabe *CB* befestigt wird. Das andere Ende des Stabes wird mit einer Einkerbung versehen, mit der es um den Nagel *B* drehbar ist“. Läßt man nun am gemeinsamen Ende *C* von Faden und Stab eine Kraft *P* etwa in Form angehängter Gewichte wirken, so erzeugt diese im Seil eine Zugspannung *Z* in der Richtung *C*—*A*, im Stabe eine Druckspannung *D* in der Richtung *B*—*C*. Der Punkt *C* stellt sich automatisch so ein, daß *P*, *Z*, *D* einander das Gleichgewicht halten, indem z. B. bei zunächst zu kleinem *Z* durch eine Verlängerung von *AC* der Zug *Z* vergrößert, bei einem zu großen *Z* durch Verkürzung von *AC* verkleinert wird. Die Gleichgewichtsbedingung kann offenbar in drei Formen ausgesprochen werden: Die Resultante *P'* (das obere *P* in Fig. 2) von *Z* und *D* muß gleich groß und entgegengesetzt gerichtet mit *P*, oder die Resultante *Z'* von *P* und *D* gleich groß und entgegengesetzt gerichtet mit *Z*, oder endlich die Resultante *D'* von *P* und *Z* gleich groß und entgegengesetzt gerichtet mit *D* sein. Die beiden letzten Formen werden wichtig, wenn man nunmehr eine der beiden Befestigungen *A* oder *B* löst. Bei Lösung von *A* nämlich „bewegt sich der Punkt *C* einen äußerst kurzen Zeitraum hindurch in der Richtung der aus *P* und *D* gebildeten Resultierenden *Z'*, also so, als ob die Kraft *Z'* wirkte. Es ist in diesem Augenblick *Z'* äquivalent der Kraft *P* (im Verein mit der durch *P* im Stabe *BC* hervorgerufenen Druckspannung *D*), wenn der Drehpunkt *B* der Stange beibehalten wird. Durch diese Bewegung wird aber sofort auch die Druckspannung *D* vermindert, weil *C* sich von *B* fortbewegt. Daher wird auch im nächsten Augenblick die Richtung der Bewegung von *C* eine andere werden“ (S. 105). Entsprechend bewegt sich bei Festhalten von *A* und Lösen von *B* der Punkt *C* einen Moment so, als ob *D'* wirkte. Mit leichter Abänderung lassen sich diese Betrachtungen auf den Fall übertragen, wo statt der Stab-Seil-Verbindung eine Verbindung von zwei Stäben oder zwei Seilen benutzt wird.“

Durch die angedeuteten Überlegungen und Experimente ist nun der Boden für das Verständnis der Verhältnisse bei einem um eine Achse drehbaren Körper bereitet. „Auch hier werden durch eine auf den Körper wirkende Kraft Spannungen erzeugt, und diese Spannungen treten stets zu der wirkenden Kraft hinzu, um eine neue Resultierende zu bilden, die wir als äquivalent der gegebenen Kraft ansehen können“ (S. 107). Die Ableitung der Äquivalenzbedingung von zwei Drehkräften, die an einem festen scheibenförmigen

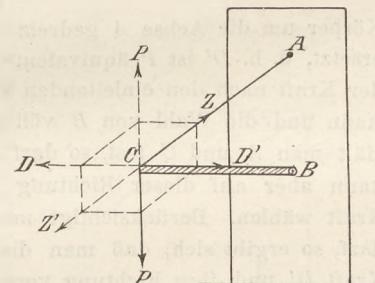


Fig. 2.

Körper MN mit einer zur Scheibe senkrechten festen Achse A angreifen und in der Ebene der Scheibe liegen (nur diesen besonderen Fall behandelt GRIMSEHL), gestaltet sich hiernach folgendermaßen: Denkt man sich zunächst noch eine zweite feste Achse B in der Scheibe, so geraten die einzelnen Teile von MN durch die Wirkung von C in Spannungszustände; nachdem sich Gleichgewicht hergestellt hat, müssen die in beliebigen Punkten O der Scheibe auftretenden Spannungen x und y nach entgegengesetzten Richtungen gleich sein. Außer von P hängen die Spannungen von der Lage der Punkte A, B, C ab; man kann sich im Falle der Fig. 3 eine Zugspannung Z längs $C \rightarrow A$ und eine Druckspannung D längs $B \rightarrow C$ wirksam denken, „gerade als ob nur ein Seil die Verbindung CA und ein Stab die Verbindung CB herstellte, da die in den einzelnen Punkten herrschenden Spannungen gegenseitig gleich sind“ (S. 107). Wie auch die Punkte A, B, C liegen mögen, immer werden wir die eintretenden Vorgänge auf eine der im Fundamentalversuch behandelten Erscheinungen zurückführen können.

Löst man also bei Annahme des Falles der Fig. 3 die Festigung B , so wird infolge der Resultierenden D' der Körper um die Achse A gedreht. „Die Kraft P wird also durch die Kraft D' vollständig ersetzt, d. h. D' ist P äquivalent“ (S. 108). Ein solcher Ersatz ist, da der Angriffspunkt C der Kraft nach den einleitenden Versuchen in der Krafrichtung beliebig verschoben werden kann und die Wahl von B völlig willkürlich ist, auf unendlich vielfache Weise möglich. Hält man A und C fest, so darf man die Richtung von D' , nämlich von CB , vorschreiben, kann aber auf dieser Richtung jeden beliebigen Punkt als Angriffspunkt der gesuchten Kraft wählen. Berücksichtigt man, daß auch C in der Krafrichtung verschoben werden darf, so ergibt sich, daß man die beiden Koordinaten des Angriffspunktes der gesuchten Kraft D' und ihre Richtung vorschreiben kann, daß aber nach getroffener Wahl die Spannungsverteilung und damit auch die Größe von D' eindeutig bestimmt ist.

Hieran schließt sich die mathematische Formulierung. Die Richtungen der gegebenen Kraft P und der gesuchten D' (Fig. 3) sollen sich in C schneiden. Bei Lösung der willkürlichen Achse kommt, wie vorher auseinandergesetzt wurde, die Resultante D' von Z und P zur Wirkung. Zieht man durch A noch die Parallele AE zur Richtung von P , so folgt durch Benutzung der ähnlichen Dreiecke $CD'P$ und ECA und des Satzes, daß sich in einem Dreiecke die Seiten umgekehrt wie die zugehörigen Höhen verhalten, ohne Mühe die Momentengleichung. Im Anschluß hieran läßt sich dann auch der für den Hebel besonders wichtige Fall, daß die gegebene Kraft P durch eine ihr parallele Kraft P_1 ersetzt werden

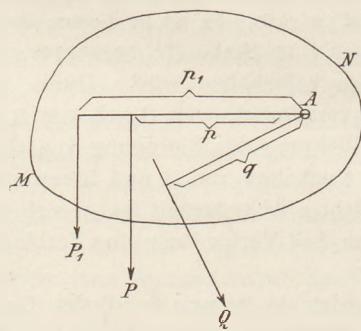


Fig. 4.

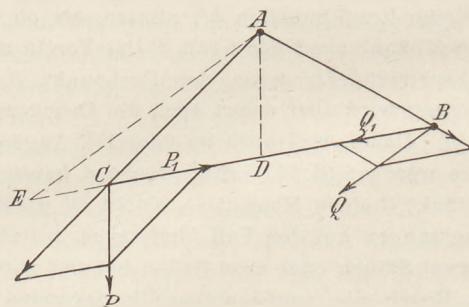


Fig. 5.

soll, durch Einführung einer Hilfskraft Q , deren Richtung die Krafrichtungen von P und P_1 schneidet, leicht erledigen. Mit Beziehung auf Fig. 4 muß dann sein $P \cdot p = Q \cdot q$; $P_1 \cdot p_1 = Q \cdot q$; folglich auch $P \cdot p = P_1 \cdot p_1$.

Im Anschlusse hieran möchte ich selbst eine Herleitung der Bedingung für die Äquivalenz von zwei Drehkräften der vorher beschriebenen Art mitteilen, die eine besondere Betrachtung des Falles paralleler Kräfte überflüssig macht. Die Frage lautet: Welche Bedingung muß eine im Punkte B angreifende Kraft Q erfüllen, damit sie P im Gleichgewicht hält? Man zerlege P in zwei Komponenten mit den Richtungen $A \rightarrow C$ und $C \rightarrow B$, Q in zwei Komponenten mit den Richtungen $A \rightarrow B$ und $B \rightarrow C$. Die nach $A \rightarrow C$ und $A \rightarrow B$ fallenden Komponenten erzeugen Spannungen, die durch die von der festen Achse A hervorgerufenen Gegenspannungen aufgehoben werden. Dagegen müssen die beiden übrigen Spannungen P_1 und Q_1 nach entgegengesetzten Richtungen gleich groß sein. Zieht man durch A die Parallelen AD zu P und AE zu Q , so folgt ähnlich wie beim vorigen Beweis (Fig. 5): $P_1 : P = CD : AD = p : p_1$; wenn p und p_1 die Höhen von C und A aus im Dreieck ACD bedeuten und $Q_1 : Q = EB : AE = q : q_1$; wenn q und q_1 die Höhen von E und A aus im Dreieck AEB sind. Da nun nach Fig. 5 $p_1 = q_1$ ist und nach der Bedingung des Gleichgewichtes $P_1 = Q_1$ sein muß, so folgt

$$P \cdot p = Q \cdot q.$$

Am Schlusse seines Aufsatzes wendet GRIMSEHL die von ihm entwickelten Anschauungen noch auf die Zusammensetzung paralleler Kräfte an. Die Angriffspunkte der Parallelkräfte P_1 und P_2 werden längs der Kraftrichtung nach zwei Punkten A und B so verschoben, daß $AB = a$ auf den Kraftrichtungen senkrecht steht (Fig. 6). Die gesuchte, P_1 und P_2 äquivalente Kraft R greife in dem noch zu bestimmenden Punkte C von AB an. Da P_1 und P_2 bei Befestigung der Punkte A und B keinerlei Zugspannung längs AB erzeugen, muß auch die Kraftrichtung des äquivalenten R senkrecht auf AB stehen, denn nur in diesem Falle heben sich die von R in AB nach beiden Seiten hervorgerufenen Zugspannungen auf. Denkt man sich nun das eine Mal A , das andere Mal B als Achse des Körpers MN , so muß im ersten Falle für die Kräfte R und P_2 in Bezug auf die Achse A , im zweiten für R und P_1 in Bezug auf die Achse B der Momentensatz gelten und es folgt

$$x \cdot R = P_2 \cdot a$$

$$y \cdot R = P_1 \cdot a$$

$$\text{folglich } x : y = P_2 : P_1$$

$$\text{und } (x + y) \cdot R = (P_2 + P_1) \cdot a$$

$$\text{also } R = P_1 + P_2.$$

Bei der Berechnung der Resultierenden für zwei parallele Kräfte, die in entgegengesetzter Richtung wirken, ändern sich nur die beiden letzten Gleichungen in

$$(x - y) \cdot R = (P_2 - P_1) \cdot a;$$

$$R = P_2 - P_1.$$

GRIMSEHL macht ausdrücklich darauf aufmerksam, daß seine Überlegungen von jeder Hypothese über die Art der Raumerfüllung durch einen festen Körper und der Annahme von Kohäsionskräften und dergl. völlig unabhängig sind. Das Dasein von Spannungen ist eben rein experimentell zu begründen. Zugleich tritt bei seiner Ableitung klar die notwendige, aber auch hinreichende Bedingung für die Gültigkeit des Momentensatzes hervor: die von den wirkenden Kräften hervorgerufenen Spannungen dürfen die Elastizitätsgrenze des Körpers nicht übersteigen. „Wenn der Körper sich dauernd verbiegt oder gar bricht, so können wir ihn nicht zur Kraftübertragung benutzen, und mit ihm bricht auch gleichzeitig die Momentengleichung entzwey“ (S. 110).

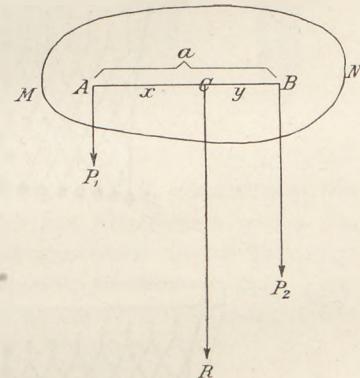


Fig. 6.

Kleine Mitteilungen.

Zwei neue Wellenmaschinen.

Von Ph. von Rostowzew in Warschau.

An verschiedenen Wellenmaschinen wird gewöhnlich nur ein Modell der Welle, nicht die Welle selbst vorgeführt; mir ist es gelungen Maschinen zu konstruieren, welche das Zustandekommen der Welle selbst veranschaulichen.¹⁾ Die erste Maschine zeigt Entstehung, Fortschreiten und Reflexion der fortschreitenden, sowie die Bildung der stehenden Welle. Sie besteht aus einem Holzbrett von 156 cm Länge und 10 cm Breite, welches an der Decke des Vorlesungszimmers mit Nägeln befestigt ist. In dieses Brett sind 30 kleine Hähnchen in Abständen von je 5 cm von einander eingeschraubt; an diesen Hähnchen ist ein Netz angebunden, das aus dünnem Faden mit 25 qcm großen Maschen geflochten ist. An dem unteren Rand des Netzes sind 29 Bleikügelchen von 3 cm Durchmesser angehängt. Diese Bleikügelchen bilden eine gerade Linie AB (Fig. 1). Wenn man eines der Endkügelchen schnell einmal hin und her bewegt, so bildet sich eine Transversalwelle, welche nach und nach zum anderen Ende geht, dort reflektiert wird u. s. w. Wenn man ein Endkügelchen fortwährend hin und her bewegt, so erhält man eine stehende Welle.

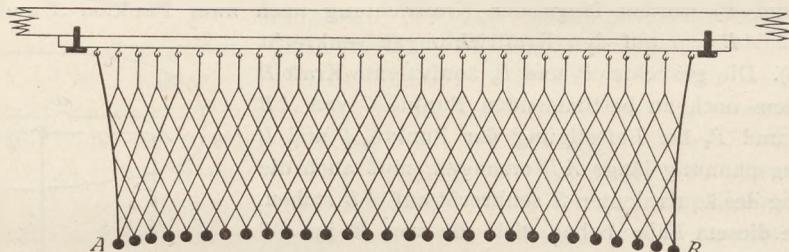


Fig. 1.

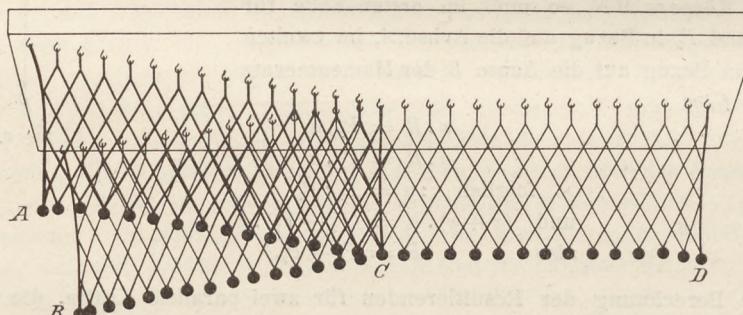


Fig. 2.

Die zweite Wellenmaschine zeigt die Interferenz der Wellen. Sie besteht aus einem Holzbrett von 36 cm Breite und 270 cm Länge, in welches 75 Hähnchen eingeschraubt sind; 49 von diesen sind in zwei geraden Linien A, C , und B, C , (Fig. 2) angeordnet, die einen kleinen Winkel mit einander bilden; die letzten 26 Hähnchen sind in der Verlängerung der Halbierungslinie dieses Winkels eingeschraubt. An die Hähnchen hängt man zwei Netze an. Das eine längere Netz hat 51 Maschen, das andere nur 25. Da, wo die Netze zusammenstoßen, sind sie zusammengebunden. Die unteren Ränder der Netze tragen 73 Bleikügelchen.

Wenn man nun die Kugelchen A und B in Schwingungen mit gleichen Phasen versetzt, so schwingt der Teil CD mit vergrößerter Amplitude; bringt man aber die Kugelchen A

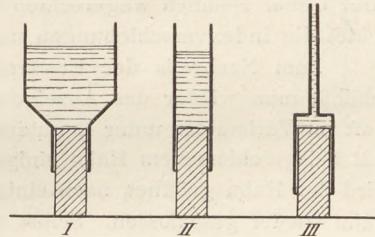
¹⁾ Die erste oben beschriebene Maschine ist ein wenig der von S. P. Thompson konstruierten ähnlich (vgl. d. Zeitschr. XI 85), die aber speziell zur Demonstration der Resonanzerscheinungen Hertzscher Wellen bestimmt, daher komplizierter eingerichtet ist und aus einzelnen Pendeln besteht, welche mit einander verbunden sind.

und B in Schwingungen mit entgegengesetzten Phasen, so bleibt der Teil CD beinahe ruhig, wenigstens schwingt er mit sehr kleiner Amplitude.

Einfacher Apparat für das hydrostatische Paradoxon.

Von DR. A. Hartwich in Stettin.

Das hydrostatische Paradoxon hört auf paradox zu scheinen, wenn man folgenden Vergleich anstellt. Ein Mensch vom Gewicht G drückt auf den Fußboden des Zimmers mit der Kraft G ; sobald er aber mit erhobenem Arm mit der Kraft P gegen die Decke des Zimmers drückt, übt er sofort auf den Fußboden den Druck $G + P$ aus. Dieses leuchtet ohne weiteres allen Schülern ein, kann eventuell zahlenmäßig bewiesen werden, indem man sich auf eine Dezimalwage stellt und mit einer Federwage gegen die Zimmerdecke drückt. Ich stelle nun vor die Schüler drei Blechgefäße (Fig. 1, 2, 3), deren Boden durch einen feststehenden massiven Zylinder gebildet wird; die Blechwände der Gefäße lassen sich an den Zylindern aufwärts und abwärts schieben. Ich fülle nun die Gefäße mit Wasser. In Fig. 1 sinkt die Blechwand an dem Zylinder herab, in Fig. 2 steht die Blechwand still — ein Zeichen dafür, daß das Wasser auf diese Wand nur horizontale, aber keine vertikalen Drucke ausübt —, in Fig. 3 aber bewegt sich das Blechgefäß nach oben; offenbar drückt also das Wasser auf die Deckfläche dieses Gefäßes von unten nach oben, und zwar mit einer recht beträchtlichen Kraft P , da die Reibung zwischen dem Zylinder und dem wasserdicht anschließenden Blechgefäß ziemlich groß ist, und natürlich drückt nun das Wasser auf den Boden (die Zylinderendfläche) mit einer Kraft $G + P$, die größer ist als sein Gesamtgewicht G , ganz ebenso wie vorhin der Mann, der mit den Füßen auf den Fußboden und mit den Armen gegen die Zimmerdecke drückte. Nachdem die Schüler sich so mit Augenschein davon überzeugt haben, daß bei diesem Paradoxon alles mit rechten Dingen zugeht, glauben sie dann ganz willig dem etwas abstrakten theoretischen Beweise für die Größe des Wasserdruckes. — Die drei Gefäße Fig. 1, 2, 3 bekommt man billig bei Max Kohl in Chemnitz¹⁾.



Der Gebrauch des Variometers im Unterricht.

Von H. Rebenstorff in Dresden.

Für eine vielseitigere Benutzung des Variometers von v. Hefner-Alteneck (d. Zeitschr. IX. 123) empfiehlt es sich, die Kapillare durch ein Hahnrohr zu ersetzen. Will man den Apparat wie bisher verwenden, so kann man diesem Rohre die Kapillare durch ein Schlauchstückchen anfügen. Die mitzuteilenden Versuche verlaufen so schnell, daß man während derselben den Hahn geschlossen halten kann. Bei der Beobachtung der Verschiebung des beweglichen Flüssigkeitsfadens bei geöffnetem Zimmer durch Schließen einer entfernten, auf denselben Korridor führenden Tür mache man auf die Schnelligkeit der Wirkung der mit Schallgeschwindigkeit sich fortpflanzenden Dichteänderung der Luft aufmerksam. Nötigenfalls bedient man sich dabei eines in der offenen Zimmertür stehenden Verbindungsmannes, der die Beendigung der Bewegung der Tür ausruft.

Außer durch Druckänderungen in der ganzen umgebenden Atmosphäre wird der Zeiger des Variometers natürlich auch durch solche im Anzeigeröhrchen beeinflußt, wie sie infolge von Luftbewegungen entstehen. Die Zeigerschwankungen bei windigem Wetter sind daher am offenen Fenster viel stärker. Setzt man auf das Anzeigeröhrchen einen längeren Gummischlauch, dessen Ende man an verschiedene Punkte eines Stromes von Gebläseluft bringt, so kann man durch Änderung der Richtung des Schlauchendes zu der Stromrichtung die treibende und saugende Wirkung zeigen; man hat damit eine Art Drucksonde. Ähnliches sieht man, wenn man das Schlauchende verschiedenartig durch die Luft bewegt.

¹⁾ Anm. der Red. Man vergleiche hierzu den ähnlichen Apparat von A. Höfler, d. Heft S. 257.

Um die Dichteverschiedenheiten der Luft in vertikaler Richtung zu zeigen, genügt es bekanntlich, das Variometer entsprechend zu bewegen. Hierbei wird auch bei richtigem Anfassen des Variometers an seiner Halsöffnung der Flüssigkeitsfaden leicht durch unwillkürliche Neigen verschoben. Man verschließe deshalb das Anzeigeröhrchen oder einen angefügten Schlauch mit den Fingern einer Hand, setze das Variometer so auf eine in anderem Niveau befindliche wagerechte Fläche und kann nach Öffnen an dem in Ruhe befindlichen Variometer die geänderte Dichte der Luft mit größter Sicherheit beobachten lassen. Um größere Dichteverschiedenheiten zu zeigen, setzt man auf das Anzeigeröhrchen einen sehr kurzen Schlauch-Glasstöpselverschluß, läßt das Variometer bei geöffnetem Hahn eine Treppe höher oder tiefer schaffen und nach Schließen des Hahns zurückbringen. Beim Fortnehmen des Röhrchenverschlusses sieht man die bedeutende Verschiebung des Index. Um die ungleiche Dichte anderer Gase als Luft zu zeigen, setzt man eine 1—2 m lange Glasröhre an einen Gummischlauch, füllt mit leichterem, dann mit schwererem Gase und verbindet den Schlauch mit dem Anzeigeröhrchen des Variometers. Nun bringt man die lange Röhre aus ihrer bisher ziemlich wagerechten Lage in die senkrechte nach oben und nach unten, beobachtet die Indexverschiebungen und läßt sie von den Schülern erklären.

Zum Nachweis der Erwärmung bzw. Abkühlung der Luft bei Volumänderungen schließt man wieder das Anzeigeröhrchen mit den Fingern, verdichtet oder verdünnt die Luft im Variometer unter Benutzung eines auf das Hahnrohr geschobenen Schlauches und läßt bei geschlossenem Hahn einige Sekunden lang die Temperatur sich ausgleichen. Dann wird der Hahn geöffnet, nach einigen Sekunden das Anzeigeröhrchen freigegeben und der Hahn wieder geschlossen. Selbst wenn man mit diesem Abschluß 15 Sekunden zögert, wird der Index bis ans Knie des Anzeigeröhrchens getrieben.

Zu objektiver Vorführung stellt man ein Anzeigeröhrchen mit Flüssigkeitsfaden mittels Stativs vor den Projektionsapparat und verbindet es durch einen langen Schlauch mit dem Anzeigeröhrchen des Variometers. Selbsthergestellte Variometer, aus einer mit Wolle in Kiste oder Karton bis an die Halsöffnung dicht verpackten Flasche bestehend, zeigen auch unfern des Projektionsapparates nur sehr langsam Einfluß der Wärme. Nach jedem Versuche stellt man durch Öffnen des Hahns im Variometer den äußeren Druck wieder her.

Ein Kryophor.

Von E. GRIMSEHL in Hamburg.

Der im folgenden beschriebene Kryophor gestattet, die Erscheinung des Siedens bei niedriger Temperatur und niedrigem Druck in bequemer Weise zu zeigen.

Der Apparat besteht aus zwei birnförmigen Glasgefäßen *A* und *B* von ungefähr je 100 ccm Inhalt mit daran geblasenem zylindrischen Halse von 1,2 cm Durchmesser und 8 cm Länge. In ungefähr halber Höhe des Halses sind die Gefäße durch ein 1,2 cm dickes und 15 cm langes Glasrohr mit einander verbunden. Beide Gefäße sind durch einen einfach durchbohrten Gummistopfen verschlossen. Durch den Stopfen des Gefäßes *A* geht ein von — 10 bis + 110° reichendes Stangenthermometer. Durch den Stopfen des Gefäßes *B* geht ein Hahnrohr, an welches oben ein Trichter angeschmolzen ist. Das Thermometer reicht bis fast auf den Boden des Gefäßes *A*, das Hahnrohr geht bis zu $\frac{2}{3}$ Höhe in den erweiterten Teil des Gefäßes *B* hinein.

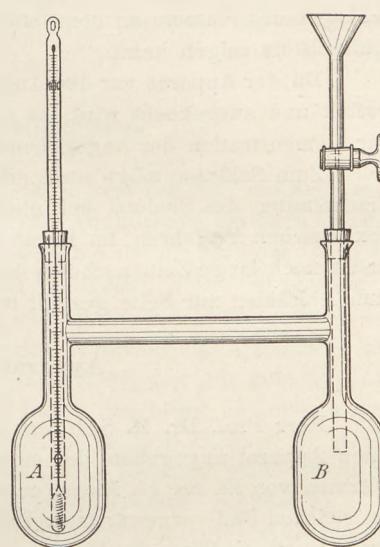
Zur Ausführung der Versuche über das Sieden bei niedriger Temperatur wird das Doppelgefäß mit dem horizontalen Verbindungsrohr in ein Bunsensches Stativ geklemmt und zwar so hoch, daß die klein gehaltenen Flammen zweier Bunsenbrenner den Boden der beiden Gefäße gleichmäßig erhitzen, nachdem man beide Gefäße zu ungefähr der Hälfte mit destilliertem (nicht kalkhaltigem¹⁾) Wasser gefüllt hat. Es ist empfehlenswert, in das Wasser des Gefäßes *A* zur Verhinderung des Siedeverzuges ein Ende Draht oder etwas groben Sand

¹⁾ Aus kalkhaltigem Wasser setzt sich der kohlensaure Kalk beim Sieden des Wassers teilweise ab. Wenn dann später Schwefelsäure in das Gefäß kommt, entwickelt sich Kohlensäure, wodurch das Vakuum verdorben wird.

hineinzutun. Darauf wird das Wasser in beiden Gefäßen durch die untergesetzten Bunsenflammen zum lebhaften Sieden gebracht. Dabei sitzen die beiden Gummikorken ganz lose auf den Flaschenhälften, so daß die entwickelten Wasserdämpfe bequem entweichen und auch alle in den Gefäßen enthaltene Luft mitreißen können. Nachdem ungefähr die Hälfte des Wassers in beiden Gefäßen verdampft ist, schließt man zuerst den Stopfen in A und treibt dadurch auch die letzten Spuren Luft aus dem Verbindungsrohr, darauf wird auch der Stopfen in B festgesetzt und einen ganz kurzen Moment der Dampf durch das Hahnrohr bei geöffnetem Hahn geleitet, damit auch hieraus die Luft entfernt wird. Das darf man aber nicht so lange tun, bis die Hahnschmiere im Hahn völlig flüssig wird, da es sonst ganz unmöglich ist, auch beim besten Hahnschliff, den Hahn dicht zu halten. Nunmehr schließt man den Hahn und entfernt beide Flammen am einfachsten dadurch, daß man das ganze Stativ mit dem Kryophor von den Flammen zurückzieht. Nun ist der Apparat für die folgenden Versuche vorbereitet:

Sieden bei niedriger Temperatur. Läßt man den Apparat an der freien Luft abkühlen, so siedet das Wasser in beiden Gefäßen immer noch fort, während man am Thermometer die niedrige Temperatur abliest. Taucht man das Gefäß B in kaltes Wasser, indem man von unten her ein Becherglas mit kaltem Wasser so in die Höhe hebt, daß B eintaucht, so hört das Sieden in B auf, während es in A stürmisch erfolgt, wobei gleichzeitig ein rasches Fallen des Thermometers eintritt. Kühlt man in derselben Weise A ab, so siedet das Wasser in B, während gleichzeitig in A das Thermometer sinkt. Das lebhafte Sieden hört auf, wenn das Thermometer etwa 30° zeigt. Manchmal gelingt es dann noch, durch Aufgießen von Schwefeläther ein erneutes Sieden hervorzurufen, besonders wenn man mit einem harten Gegenstande gegen die Glaswand (nicht zu kräftig) schlägt. Ich habe noch bei 15° lebhaftes Aufwallen erhalten, doch gelingt das nicht immer. Daß aber auch bei noch niedrigerer Temperatur Dampfentwicklung und Destillation eintritt, kann man zeigen, wenn man alles Wasser durch Neigen des Apparates in das Gefäß A bringt und durch vorsichtiges Erwärmen des Gefäßes B das Gefäß auch im Innern vollständig trocknet. Wenn man dann einige Tropfen Äther auf B tropft, kondensieren sich sofort die Dämpfe hierin, und das kondensierte Wasser sammelt sich am Boden von B, während das Thermometer in A sinkt.

Gefrieren des Wassers durch eigene Verdunstung. Nachdem man aus B alles Wasser nach A gebracht hat, und nachdem das Thermometer in A zeigt, daß hier das Wasser auf Zimmertemperatur abgekühlt ist, füllt man den Trichter auf dem Hahnrohr mit konzentrierter Schwefelsäure. Etwaige unterhalb des Trichters oberhalb des Hahnes sitzende Luftblasen entfernt man durch Klopfen oder dadurch, daß man von oben her ein dünnes Glasstäbchen (durch Ausziehen eines Glasrohres erhalten) in das Rohr führt. Hiernach öffnet man den Hahn recht vorsichtig und gießt in demselben Maße, wie die Schwefelsäure unten nach B tropfenweise fließt, oben frische Schwefelsäure nach, bis das Gefäß B bis ungefähr ein Drittel gefüllt ist. Darauf schließt man den Hahn wieder. Man beobachtet schon bei ruhigem Stehen des Apparates ein weiteres Sinken der Temperatur in A. Wenn man aber den Apparat aus dem Stativ herausnimmt und schüttelt, sodaß die Glaswandungen von B völlig mit Schwefelsäure bedeckt sind, so sinkt das Thermometer innerhalb einer halben Minute bis auf Null. Gewöhnlich sinkt es sogar noch bis auf $5-6$ Grad unter Null, worauf eine plötzliche Eisbildung im ganzen Gefäß A erfolgt, während das Thermometer bis auf Null steigt. Gleichzeitig mit dem Sinken der Temperatur in A erfolgt eine durch die Kondensation des Wassers in B und die Verbindung des Wassers mit der Schwefelsäure in B ver-



ursachte starke Erwärmung in *B*, welche man am bequemsten durch das Gefühl nachweisen kann.

Bemerkt mag noch werden, daß man vor Einfüllen der Schwefelsäure das starke Anschlagen des Wassers an die Gefäßwände (Wasserhammer) wegen des fehlenden elastischen Luftpolsters zeigen kann.

Da der Apparat vor den Augen der Schüler während der Unterrichtsstunde mit Wasser gefüllt und ausgekocht wird, so erscheint schon aus diesem Grunde der Apparat geeignet zur Demonstration der angegebenen Versuche.

Zum Schlusse möge noch erwähnt werden, daß viele Schüler Gelegenheit haben, die Erscheinung des Siedens bei niederer Temperatur beim Sterilisieren der Milch nach dem Soxhletschen Verfahren im Haushalte zu beobachten. Die Milch in den Soxhlet-Flaschen siedet noch lange Zeit, nachdem das Gestell mit den Flaschen aus dem siedenden Wasserbade zum Abkühlen zur Seite gestellt ist.²⁾

Apparat für die spezifische Wärme.

Von Joh. Kleiber in München.

Herr Prof. Dr. H. Schoentjes hat in dieser Zeitschrift (XIV 31) unter obigem Titel einen Apparat angegeben, der einem großen Auditorium die Verschiedenheit der spezifischen Wärmen von *Fe*, *Sn*, *Pb*, *Messing* zu zeigen gestattet. Dabei werden gleichgroße, gleichschwere, in gleichen Bad vorgewärmte zylindrische Stäbe aus diesen Metallen auf eine Paraffinscheibe gesetzt und die Tiefe des Einsinkens beobachtet. Der Versuch kann als eleganter Vorlesungsversuch bezeichnet werden, aber das stets nötige Umschmelzen der Paraffinscheibe ist lästig. Man kann es umgehen, wenn man statt der Paraffinscheibe vom nächsten Restaurant sich einen der bekannten Kunsteisblöcke verschafft und auf ihn die erhitzten Metallzylinder stellt. Es empfiehlt sich auch, die Metallzylinder mit einer gut sichtbaren farbigen Teileug zu versehen, um auch auf die Ferne Ablesung der Sinktiefe zu ermöglichen. Sehr vorteilhaft ist, sich aus ganz dünnem Messingblech einen mit den anderen Zylindern gleichgroßen Hohlkörper herstellen zu lassen, der, mit dem Badewasser gefüllt, als „Wasserkörper“ gelten kann. Wegen der Größengleichheit der Zylinder faßt dieser Wasserkörper an Gewicht nur etwa den achten Teil — es empfiehlt sich nur $1/10$ zu nehmen, um runde Zahlen zu erhalten. Die Sinktiefe des Wasserkörpers ist dann, trotzdem nur $1/10$ Gewicht benutzt wird, ziemlich gleich derjenigen des Eisenzyinders.

Einen Vorteil hat die Benutzung dieses Hohlkörpers noch in dem Sinne, daß man auch die spezifischen Wärmen von Flüssigkeiten demonstrieren kann. Zu dem Ende ist es am besten, sich gleich mehrere solcher Hohlzylinder anfertigen zu lassen und beim Versuch mit verschiedenen Flüssigkeiten gefüllt zu verwenden.

Um ein möglichst reinliches Arbeiten zu ermöglichen, wird man den benutzten Eisblock innerhalb einer Blechwanne auf zwei gleichhohe Holzlattenabschnitte stellen und jene Stellen, worauf die Zylinder wirken sollen, vorher in vertikaler Richtung mit einer heißen Stricknadel durchbohren. Dies ermöglicht einen bequemen Abfluß des Schmelzwassers.

Der Eisklotz gibt gleichzeitig Anlaß, die Schmelzwärme des Eises nach der Blackschen Methode zu bestimmen. Man wärmt 1 Kilogrammstück aus Eisen auf 40° im Bad, trocknet die Oberfläche des Eisklotzes vorsichtig ab, setzt das Gewichtsstück dann auf. Dies gibt rund 50 g Schmelzwasser, welche mittelst eines abgewogenen Schwämmchens ausgetupft wurden.

Hat man neben dem Eisblock noch einen Paraffinblock zur Verfügung, so hat man ierauf noch Gelegenheit, die Schmelzwärmen beider Körper zur Demonstration zu bringen. Zu dem Ende setzt man zwei gleicherweise vorgeheizte Kilogrammstücke oder zwei der mit dem Badewasser gefüllten Hohlzylinder zur selben Zeit auf den Eis- bzw. Paraffinblock. Die Einschmelztiefe sind nicht viel verschieden, doch konstatiert man leicht, daß der in den Paraffinblock eingesunkene Probekörper nur ungefähr die Hälfte seiner

²⁾ Der Kryophor ist von A. Krüss, Hamburg, Adolfsbrücke zu beziehen.

Wärme abgegeben hat, daß demnach die Schmelzwärme des Paraffins nur rund $\frac{1}{2}$ so groß ist als die des Eises.

Die Firma Leybold Nachfolger (Köln), welche von Herrn Prof. Dr. Schoentjes die Ausführung seines Apparates übernommen hat, wird jedenfalls auch die hier vorgeschlagenen Hohlkörper zu liefern gewillt sein.

Ueber die Anbringung des Heliostaten.

Von **Gg. Heinrich** in Neustadt a. d. H.

Für die Anbringung des Handheliostaten, und nur von diesem soll hier die Rede sein, empfiehlt Weinhold (Dem. 3. Aufl. S. 11), durch die Mauer des Auditoriums ein Loch brechen zu lassen und in diesem den Heliostaten zu befestigen. Diese Art der Aufstellung ist gewiß recht praktisch und bequem. Nun hatte ich aber nicht das Glück, diese Vorrichtung in einem der drei physikalischen Kabinette, in denen ich bislang zu tun hatte, vorzufinden. In einem Auditorium war der Heliostat an dem Laden der Verfinsternung angebracht und ich muß das Urteil Weinholds bestätigen, daß diese Art der Befestigung gar manche Nachteile hat. Zudem hat überhaupt die Verdunkelung durch Läden erhebliche Nachteile gegenüber der Verdunkelung durch Rouleaux aus Filztuch (Weinhold, a. a. O. S. 5).

An den meisten Mittelschulen wird wohl das physikalische Kabinett nicht eigens für seinen Zweck gebaut, sondern aus einigen schon vorhandenen Räumen gebildet sein. Es wird daher oft mit Schwierigkeiten verknüpft sein, nachträglich an geeigneter Stelle ein entsprechendes Loch in der Mauer des Auditoriums anbringen zu lassen. Häufig wird auch ein Heliostat, vielleicht von einer früheren Ladenverfinsternung her, vorhanden sein, der schon durch seine Abmessungen es verbietet, ihn in einem Mauerloch zu befestigen. So ging es mir in meinem jetzigen Kabinett. Ich fand eine Weinholdsche Verdunkelungseinrichtung vor und einen Handheliostaten.

Für die Aufstellung dieses Heliostaten war keine Vorrichtung da. Ich habe mir nun in folgender Weise geholfen. Ich ließ ein Holzgestell anfertigen, welches Fig. 1 von vorn, Fig. 2 von der Seite zeigt.

Dieses Gestell wird mittels der Schrauben C_1 C_2 auf dem Fensterbrett angeschraubt und zwar so, daß das Filzrouleau der Verdunkelung an dem Vorderbrett DD vorbeigeht. In das Rouleau ist ein viereckiges Loch geschnitten von der Größe des Ausschnittes $EFGH$ im Gestell. In diesen Ausschnitt nun wird der Heliostat eingesetzt. Dabei greift das Tragbrett des Heliostaten in den Ausschnitt $EFGH$ ein und legt sich an die beiden Leisten K und L des Gestells an. Der überragende Rand des Tragbrettes aber legt sich an das Vorderbrett DD des Gestells an, wobei das Filzrouleau zwischen dem Rande und DD eingeklemmt wird. Die Schrauben N greifen in entsprechende Löcher im Heliostaten; darauf geschraubte Flügelmuttern halten den Heliostaten fest. Der Übelstand, daß der eine Fensterflügel bei den Versuchen ausgehängt werden muß, läßt sich durch Anbringen eines Schiebfensterchens beheben.

Das viereckige Loch im Filzrouleau muß für andere Zwecke der Verdunkelung lichtdicht geschlossen werden können.

Ich erreichte dies dadurch, daß ich das Loch mit einem größeren Stück Tuch bedeckte und dieses mit Druckknöpfen, wie solche jetzt zum Schließen von Handschuhen u. s. w. verwendet werden, auf dem Filz befestigte. Diese Druckknöpfe geben einen recht guten Abschluß. Außerdem läßt sich das Tuch rasch abnehmen, wenn der Heliostat benutzt werden soll; ebenso ist es leicht wieder anzubringen. Beim Aufrollen der Filzrouleaux rollen sich die Druckknöpfe und das dadurch gehaltene Tuch ganz gut mit ein.

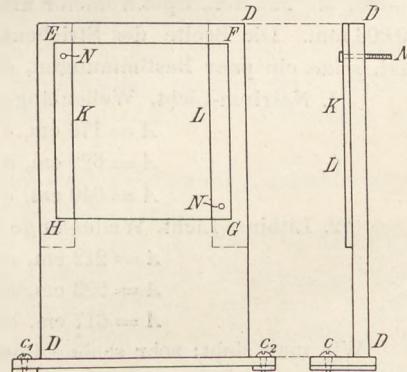


Fig. 1.

Fig. 2.

Die beschriebene Vorrichtung, die nur geringe Kosten verursacht, wird sich in ähnlichen Fällen den gegebenen Bedingungen wohl leicht anpassen lassen.

Bestimmung der Wellenlänge des Lichts.

Von Prof. H. O. G. Ellinger in Kopenhagen.

Im vorigen Jahrgang (S. 238) wird über einen Apparat zur Messung der Wellenlänge des gebeugten Lichts von Prof. Dr. Pfeiffer berichtet und in demselben Jahrgang (S. 346) teilt Dr. Ed. Hoffmann die Einrichtung eines Apparates mit, den er früher als Pfeiffer beschrieben hat, und der dem Pfeifferschen Apparate zu Grunde liegt. Ich erlaube mir hinzuzufügen, daß die erwähnte Bestimmung gar keinen Apparat erfordert, sondern sehr gut mit einem so einfachen Mittel wie einem Meßstabe oder einer Meßschnur ausgeführt werden kann.

Man stellt sich in einen gewissen Abstand von einem Bunsenbrenner, in welchem man ein Salz auf einem kleinen Platinlöffel zu Verflüchtigung bringt, z. B. Chlornatrium oder Chlorlithium oder beide auf einmal (dem Chlornatrium entgeht man ohnehin schwer, wenn man auch allein Chlorlithium benutzt). Man hält das Gitter dicht vor das Auge und sieht dann außer der Flamme selbst eine Reihe Bilder derselben, um so weniger zahlreich und um so weiter von einander entfernt, je weiter man von dem Brenner weggeht; am besten nimmt man einen schwarzen Hintergrund für die Bilder, wenn der Versuch nicht in einem verdunkelten Zimmer gemacht wird (was nur nötig ist, wenn man mit weniger leuchtenden Flammen arbeitet). Vermittelst eines Gehülfen kann man nun leicht eine Reihe Messungen des Abstandes vom Auge (Gitter) bis zur Flamme und von dieser seitwärts bis zu den Bildern vornehmen. Hieraus läßt sich dann die Wellenlänge berechnen. Bezeichnet λ die Wellenlänge, s die Gitterkonstante, A den Abstand Gitter — Flamme, a den Abstand Flamme — erstes Bild, so hat man sehr annähernd

$$\lambda : s = a : A, \lambda = \frac{s a}{A}.$$

Hat man sowohl Lithium als Natrium in der Flamme, so sieht man sowohl gelbe als rote Seitenbilder, die ersten dichter an einander als die letzten, und man beobachtet leicht die Übereinstimmung zwischen Theorie und Versuch, was die Abstände anbelangt.

Auf diese Weise lasse ich die Laboranten (forstwirtschaftliche und geodätische Studierende) im Übungskursus der landwirtschaftlichen Hochschule Kopenhagens die Bestimmung machen, bevor sie mit dem Spektrometer arbeiten. Das Gitter ist ein Glasgitter mit der Konstante 0,006 mm. Die Breite des Strichenareals ist 1 cm, und es gehen 500 Striche auf je 3 mm. Ich setze ein paar Bestimmungen, die die Laboranten gemacht haben:

1. Natrium-Licht, Wellenlänge $589 \cdot 10^{-6}$ mm.

$$A = 176 \text{ cm}, a = 17\frac{1}{2} \text{ cm} \text{ gibt } \lambda = 597 \cdot 10^{-6} \text{ mm.}$$

$$A = 622 \text{ cm}, a = 61 \text{ cm} \text{ gibt } \lambda = 588 \cdot 10^{-6} \text{ mm.}$$

$$A = 640 \text{ cm}, a = 63 \text{ cm} \text{ gibt } \lambda = 591 \cdot 10^{-6} \text{ mm.}$$

2. Lithium-Licht, Wellenlänge $671 \cdot 10^{-6}$ mm.

$$A = 212 \text{ cm}, a = 24 \text{ cm} \text{ gibt } \lambda = 679 \cdot 10^{-6} \text{ mm.}$$

$$A = 293 \text{ cm}, a = 33 \text{ cm} \text{ gibt } \lambda = 675 \cdot 10^{-6} \text{ mm.}$$

$$A = 617 \text{ cm}, a = 69 \text{ cm} \text{ gibt } \lambda = 671 \cdot 10^{-6} \text{ mm.}$$

Wie man sieht: sehr schöne Bestimmungen mit den einfachsten Mitteln. Selbstverständlich kann man sich die Messungen auch bequemer einrichten; notwendig sind derartige Apparate jedoch nicht, um gute Bestimmungen zu bekommen, und das Einfache hat seinen großen pädagogischen Vorzug.

Man kann, wenn eine optische Bank zur Verfügung steht, das Gitter auf einem Stativ an derselben aufstellen und an einem Ende (am Nullpunkte der Teilung) quer über die Bank und senkrecht dazu eine schwarze Platte mit einem senkrechten Spalt aufstellen. Die Lichtquelle wird dann hinter diesen Spalt gesetzt. Dann ist es auch bequem, auf der Platte eine weiße Meßskala in wagerechter Richtung in der Höhe des Spalts anzubringen, um die Lage der Beugungsbilder abzulesen.

Stellt man hinter dem Spalt eine leuchtende Gasflamme oder ein elektrisches Bogenlicht auf, oder läßt man das Himmelslicht durch sie eintreten, so sieht man zu den Seiten des Spalts schöne Spektren der verschiedenen Ordnungen und man kann einige Bestimmungen der Wellenlängen der verschiedenen Strahlen vornehmen.

Ich füge noch hinzu, daß man, indem man die Hälfte des Spaltes mit durchsichtigen, farbigen Substanzen bedeckt, sehr hübsch die Absorption — ohne Spektralapparat — beobachten kann.

Gleichzeitige Demonstration von Totalreflexion und Lichtstrahlenkrümmung.

Von Dr. R. Halben, Assistent an der Kgl. Univ.-Augenklinik, Greifswald.

Um einem größeren Hörerkreis gelegentlich eines Vortrages über den Strahlengang in einer pathologisch alterierten Krystalllinse den gekrümmten Verlauf des Lichtes in Medien von stetigem Brechungsindexgefälle zu demonstrieren, überschichtete ich in einem kleinen, rechtwinklig parallelepipedischen planparallelwandigen Glastrog eine erstarrte 10%ige Gelatinelösung vom Brechungsindex 1,35 mit einer der Erstarrung nahen gleichstarken Lösung der gleichen Gelatine, deren Brechungsindex durch einen Zusatz von 50% Zucker auf etwa 1,8 erhöht war, und ließ in kaltem Wasser erstarrten. Ich erhielt dann um die ursprüngliche horizontale Grenzebene herum eine mit der Fortdauer des Diffusionsvorganges an Dicke zunehmende Zone kontinuierlichen stetigen, in allen Vertikalen gleichen Indexgefälles von oben nach unten. Lenkte ich dann ein schmales horizontales Band parallelen Lichtes von der Schmalseite des Troges her auf diese Übergangszone, so sah man von der Seite her dieses Lichtband sich nach oben krümmen, an der Oberfläche der Zuckergelatine gegen Luft totalreflektiert wieder in die Gelatine tauchen und als nach oben konkaven Lichthängebogen von neuem gegen die Oberfläche gelenkt werden, und so fort. Das Verhältnis von Lichtintensität zur Trübekeit der Gelatine begrenzt die Zahl dieser Bögen. Vor der eleganten Versuchsanordnung Macé de Lépinays und Perots, der ähnliche Lichthängebogen durch Diffusion von Wasser gegen Alkohol in einem 1 m langen Trog erzeugt, hat diese Anordnung den Vorzug, daß man erstens bei den starken Indexdifferenzen von 1,35 bis 1,80 viel stärkere Krümmungen erhält — ich hatte z. B. Bogen von etwa 1,5 cm Höhe über einer Sekante von 4—5 cm Länge — zweitens mit ganz kleinen Trögen, von etwa 20 cm Länge und weniger, bequem auskommt, drittens die Diffusionströge mit der erstarrten Gelatine transportabel sind und die optische Schichtung bei der Langsamkeit des Diffusionsvorganges $\frac{1}{4}$ bis 2 Tage für die Demonstration gekrümmter Strahlen genügend haltbar bleibt. Ist ein Diffusionsausgleich eingetreten, so braucht man nur von der vorrätig gehaltenen Gelatinelösung neu zu überschichten, erst zuckerlose und dann zuckerhaltige, um eine neue parallel- und horizontal schichtige Diffusionszone mit dem Höchstindex an der freien Oberfläche zu erhalten.

In entsprechender Weise kann man sich natürlich auch stark gekrümmte Lichtschlangenbögen herstellen, wenn man Zuckergelatine zwischen zuckerlose einschaltet.

Das Lösen der Gelatine auf dem Wasserbade unter häufigerem Umrühren ist natürlich eine Unbequemlichkeit, die aber durch die Vorzüge des Verfahrens wohl aufgewogen wird. Wendet man einige aseptische Kautelen an — Verschluß des Glaskolbens durch einen Wattepropf, der nur während des Gießens abgenommen wird — so halten sich die Gelatinelösungen lange Zeit gebrauchsfertig. Die erforderlichen Glaströge kann man sich leicht aus Platten und Klebwachs zusammensetzen. Das ganze Verfahren ist auch für Institutsdiener erlernbar*).

*) Literatur:

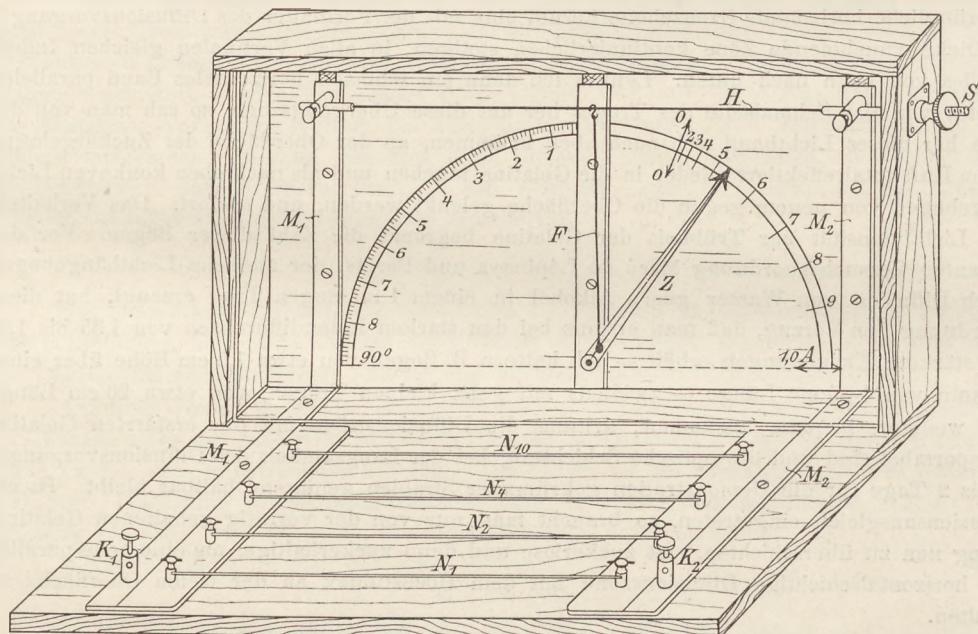
- O. Wiener, Darstellung gekrümmter Lichtstrahlen und Verwertung derselben zur Untersuchung von Diffusion und Wärmeleitung. Annal. d. Phys. u. Chem. 49. Leipzig 1893.
J. Macé de Lépinay et A. Perot, Contribution à l'étude du mirage. Ann. de chim. et de phys. 6. sér. A. XXVII. 1892.
A. Leick, Über künstliche Doppelbrechung und Elastizität von Gelatineplatten. Inaug.-Diss. Greifswald 1903.

Ein Hitzdrahtapparat mit Nebenschlüssen.

Von Prof. E. Grimsehl in Hamburg.

Hitzdrahtapparate für den Schulunterricht sind schon mehrfach konstruiert. Der vorliegende unterscheidet sich von den mir bekannten durch die an demselben angebrachten Nebenschlüsse. Aus der Figur geht die Konstruktion des Apparates mit genügender Deutlichkeit hervor, sodaß nur wenige Worte zur Beschreibung genügen.

Auf der dem Beschauer abgewandten Seite eines ca. 35×12 cm großen Grundbrettes erhebt sich ein vertikaler Holzkasten mit Glasscheibe auf der Vorderseite. Die Oberseite des Kastens ist um ein Scharnier zurückzuklappen, und dann kann man die Glasscheibe, die in einer Nute der Seitenwände gleitet, herausziehen. Hierdurch wird die ganze Hinterwand zugänglich. Auf dieser sind drei vertikale Messingschienen aufgeschraubt. Die mittlere Schiene trägt auf ihrem unteren Ende die Achse für einen leicht drehbaren Zeiger Z . Die beiden seitlichen Schienen M_1 und M_2 sind am unteren Ende rechtwinklig umgebogen und verlängern sich bis auf das untere Grundbrett, wo sie mit einigen Schrauben festgeschraubt sind. Auf dem vorderen Ende der horizontalen Schienen M_1 und M_2 sind zwei Stromzuleitungsklemmen K_1 und K_2 angebracht. Das obere Ende der vertikalen seitlichen Schienen



trägt zwei Messingklemmen, zwischen denen der Hitzdraht H , ein Neusilberdraht von 2Ω Widerstand ausgespannt ist. Zu dem Zwecke sind die abgemessenen Drahtenden in Messingstäbchen eingelötet, von denen einer an der linken Klemme festgeschraubt ist. An der rechten Seite ragt das Messingstäbchen durch die Seitenwand des Holzkastens hindurch. Auf dieses Ende ist ein Gewinde geschnitten; eine hierauf geschraubte Rändelkopschraube S gestattet, den Hitzdraht beliebig zu spannen, worauf er dann durch die auf der Messingschiene M_2 sitzende Klemmschraube festgeklemmt wird. In der Mitte des Hitzdrahtes hängt ein kleines Hækchen aus dünnem Messingdraht, an das das eine Ende eines dünnen Fadens F geknüpft ist. Das andere Ende dieses Fadens ist mittels einer kleinen Öse an einem in der Nähe der Zeigerachse auf dem Zeiger angebrachten Stift befestigt.

An die horizontalen Messingschienen auf dem Grundbrette sind 15 mm breite Messinglappen gelötet, in die je 4 Stöpsellöcher für je einen Stöpsel gebohrt sind. Zwischen den Stöpseln sind Neusilberdrähte von genau derselben Länge und Dicke, wie sie der Hitzdraht besitzt, ausgespannt. Die Enden dieser Drähte sind an die Stöpsel angelötet.

Zwischen den Stöpseln des ersten Stöpselpaars ist ein Draht, beim zweiten Paar sind 2, dann 4 und beim hinteren Stöpselpaare 10 Neusilberdrähte parallel ausgespannt. Man kann jedes Paar Stöpsel entweder allein oder parallel mit den übrigen in die Schienen des Apparates, also parallel dem Hitzdraht einschalten.

Die auf der Hinterwand des Apparates aufgeschraubten 3 Messingschienen tragen Nuten, in welche zwei Stücke Karton eingeschoben werden können. In der Figur ist links ein Karton mit Gradeinteilung, rechts ein solcher mit geeichter Ampèreteilung gezeichnet, jedoch kann man diese Kartons ganz nach Belieben ohne Mühe herausnehmen und durch andere ersetzen. Ich habe diese Anordnung deshalb getroffen, damit man den Apparat benutzen kann, um ihn bei Schülerübungen durch die Schüler selbst eichen zu lassen. Die Eichungsskalen der Schüler werden dann aufbewahrt und mit den sorgfältig angefertigten Eichungsskalen verglichen. Man kann auch eine Spannungsskala zum Apparate herstellen und ihn dann als Voltmeter benutzen. Durch die Nebenschlüsse $N_1 - N_{10}$ kann man den Messungsbereich auf das Zwanzigfache der geeichten Skala erhöhen. Es steht natürlich nichts im Wege, irgend welche Nebenschlüsse von noch geringerem Widerstande einzustöpseln und so den Apparat fast ins Unbegrenzte (soweit die Messingschienen es aushalten) zu verwenden. Gerade die Übersichtlichkeit der Nebenschlüsse ist geeignet, den Schülern die Wirkung solcher Nebenschlüsse auch bei anderen Apparaten (z. B. Galvanometern u. a.) klarzumachen.

Man kann den Zeiger sowohl für die rechte, wie für die linke Seite benutzen, indem man ihn einfach auf die betreffende Seite legt.

Die Übertragung der Durchbiegung des Hitzdrahtes auf die Bewegung des Zeigers habe ich der Einfachheit der Konstruktion halber so angeordnet, wie gezeichnet, obgleich dadurch das Übertragungsgesetz der Bewegung nicht so einfach ist, wie bei Anwendung einer Rolle und einer spannenden Feder oder eines spannenden Gewichts. Es ist natürlich ein leichtes, statt dieser gewählten Übertragung eine andere anzuordnen, doch ziehe ich bei Demonstrationsapparaten die Einfachheit der Konstruktion vor.

Die Schraube S gestattet, die Einstellung des Zeigers auf Null bei Beginn einer Messungsreihe zu justieren, da ja die Zeigerstellung außer von der Stromstärke auch von der Zimmertemperatur abhängt¹⁾.

Eine einfache Demonstration der scheinbaren Widerstandszunahme von Elektromotoren beim Anlaufen.

Von **W. Biegon von Czudnochowski** in Berlin.

Die scheinbare Widerstandsänderung eines Motors, die von der elektromotorischen Gegenkraft herrührt, läßt sich in sehr einfacher und schlagender Weise mit weit größerer Deutlichkeit demonstrieren als mit einem Ampèremeter oder Galvanometer, wenn man den Motor mit einer Glühlampe in Reihe schaltet; bei passender Wahl dieser hinsichtlich ihrer Normalspannung im Verhältnis zur Motornormalspannung und ebenso der Betriebsspannung für den Versuch sind die auftretenden Helligkeitsunterschiede sehr stark.

Vorbedingung ist aber das Vorhandensein eines „richtigen“ Motors, d. h. eines solchen, der im Aufbau und Anordnung den in der Technik verwendeten Motoren entspricht; dazu gehören vor allen Dingen angemessene Abmessungen und Wickelung der Feldmagnete im Verhältnis zum Anker, ferner, daß der letztere selbst allseitig symmetrisch und mit mehrteiligem Kollektor versehen ist, außerdem gute mechanische Ausführung: kleiner Luftzwischenraum, nicht zu fest aufliegende Bürsten, gute leichte Lagerung mit Schmierung. Feldwickelung und Anker sind in Reihe zu schalten; ist der Luftzwischenraum zu groß und die Ankerwickelung zu schwach, so ist die bei Leerlauf einer bestimmten Spannung entsprechende Maximaltourenzahl sehr beschränkt. Ein kleiner Motor der erwähnten Art

¹⁾ Der Hitzdrahtapparat wird nach meinen Angaben von der Firma A. Krüss, Hamburg, Adolfsbrücke hergestellt und ist auch von dort zu beziehen.

verbraucht etwa 0,3 Ampère bei Leerlauf und $\sim 1,3$ Ampère bei Vollast bei ~ 10 Volt Klemmspannung; schaltet man den Motor mit einer 12 Volt-Glühlampe in Reihe an 16 Volt, so hat die Glühlampe bei Leerlauf des Motors 8 Volt, bei Stillstand durch Festhalten (Bremsen) 10 Volt, die Stromstärke beträgt im ersten Falle 0,5 Ampère, im zweiten 0,7 Ampère, der Energieverbrauch der Lampe ist also bei Stillstand um 75 % größer als bei laufendem Motor¹⁾. Die Helligkeitsunterschiede lassen sich noch deutlicher machen, wenn man einen durchscheinenden Schirm anwendet, dessen eine Hälfte von der Glühlampe beleuchtet wird, während auf die andere Hälfte die Strahlen einer konstanten Lichtquelle fallen, die man so einstellt, daß die von ihr erhellt Hälften bei Stillstand des Motors dunkler, bei laufendem Motor heller ist, als die von der Glühlampe erleuchtete.

Versuchsanordnung zur Demonstration der Selbstinduktion²⁾.

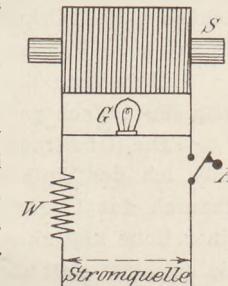
Von Dr. L. Kann, Privatdozent an der Deutschen Technik in Brünn.

Eine große Selbstinduktion S (eine mit einem Eisenkern versehene Spule mit vielen Windungen dicken Kupferdrahtes, also von relativ geringem Ohmschen Widerstand; ein mit vielen Windungen dicken Drahtes bewickelter Eisenring, oder event. auch ein Elektromagnet) wird parallel mit einer Glühlampe in den Kreis einer Gleichstromquelle von entsprechender Spannung eingeschaltet, welcher durch einen wohmöglich induktionsfreien Widerstand W so abgeglichen wird, daß der Faden der Lampe gerade zu glühen aufhört (vergl. d. Fig.).

Wird dieser Stromkreis (durch einen Schlußel A) rasch geschlossen, so leuchtet die Glühlampe für einen Moment ziemlich hell auf, weil der Strom in der Spule S — wegen der großen Impedanz derselben — nicht gleich seinen vollen Wert erreichen kann und die Spannung an den Enden der Spule und Glühlampe daher anfangs höher ist als im stationären Zustand.

Ist der Strom stationär geworden, was nach sehr kurzer Zeit geschieht, so brennt die Lampe, da es ja — wie oben erwähnt — so eingerichtet wurde, ganz dunkel.

Beim raschen Unterbrechen des Stromes (bei A) leuchtet die Lampe hell auf, da sie nunmehr von dem sogenannten Extrastrom, der zwar nur von kurzer Dauer aber hoher Spannung ist, durchflossen wird. Wird der Stromschlußel in rascher Folge geschlossen und geöffnet, so leuchtet die Lampe kontinuierlich.



Eine elementare Ableitung des Thomsonschen Satzes vom wirtschaftlichen Querschnitt.

Von Dr. W. Lorey in Görlitz.

In seinen auf dem Göttinger Ferienkursus gehaltenen Vorträgen über Elektrotechnik³⁾ leitet Herr Des Coudres den Thomsonschen Satz vom wirtschaftlichen Querschnitt ab und bemerkt dabei, „die elegante Relation scheint fast elementarer Ableitung und Darlegung im Unterricht fähig zu sein.“ Zweck dieser Mitteilung ist es zu zeigen, daß in der Tat die Minimumseigenschaft, die durch den Thomsonschen Satz ausgedrückt wird, sich elementar, d. h. ohne jede Benutzung der Differentialrechnung leicht herleiten läßt.

¹⁾ Solche Motoren werden geliefert von der Trebbiner Maschinenfabrik Andres und Hengst, Trebbin bei Berlin.

²⁾ Anm. der Redaktion. Eine ähnliche Versuchsanordnung, aber ohne Stromverzweigung, hat P. Spies in d. Zeitschr. XI 276 (Nr. 6) beschrieben; über den Nachweis der Stromverlängerung durch die Selbstinduktion vergl. man auch Jochmann-Hermes-Spies, Lehrbuch, 14. Aufl. S. 415: Wenn man einen Telegraphenapparat nicht mittels des Tasters, sondern durch einfaches Aneinanderhalten der Drähte einschaltet, so erhält man in dem Augenblick der Stromunterbrechung einen kräftigen Schlag u. s. w.

³⁾ Klein und Riecke, über angewandte Mathematik. S. 190—191.

Der Thomsonsche Satz gibt einen Aufschluß über die Querschnittsgröße, die zum Transport elektrischer Leistung finanziell am günstigsten ist. Er besagt, daß der wirtschaftliche Querschnitt dann vorhanden ist, wenn die Kosten für die jährliche Verzinsung der Leitung gleich sind dem Geldwert der in der Leitung im Laufe des Jahres nutzlos in Wärme verwandelten Energie.

Es sei Ei die Anzahl erzeugter Watt, während nur ei am Bestimmungsort ankommen. Der Verlust beträgt also $(E - e)i = i^2 w$, wo w den Widerstand der Leitung bedeutet. Bezeichnet nun ferner T die Anzahl Betriebsstunden im Jahre, l die Länge, q den Querschnitt und k die Leitfähigkeit des Kupferdrahtes, so ergibt sich ein jährlicher Verlust von $i^2 T k \frac{l}{q}$ Wattstunden.

Kostet nun eine Wattstunde am Ort der Erzeugung m Mark, so ist demnach der Geldwert der verlorenen Energieleistung:

$$M_1 = i^2 T k \frac{l}{q} m \text{ Mark.}$$

Dazu kommen noch die Kosten für die Verzinsung und Amortisation der Leitung, die sich durch $M_2 = l \cdot a \cdot q \cdot z$ Mark ausdrücken lassen.

Hierbei bedeutet a die Kosten für Anlage der Längen- und Querschnitteinheit, während durch $z \frac{1}{100}$ des Zinsfußes und der Amortisationsprozente dargestellt wird.

Am wirtschaftlich günstigsten ist nun der Querschnitt, wenn die Kosten M_1 und M_2 zusammen möglichst gering sind; d. h. wenn q der Gleichung genügt:

$$i^2 T k \frac{l m}{q} + l a z q = \text{Minimum.}$$

Setzt man zur Abkürzung $c_1 = i^2 T k l m$, $c_2 = l a z$ und $M_1 + M_2 = M$, so erhält man die allgemeine Gleichung

$$\frac{c_1}{q} + c_2 q = M.$$

Daraus folgt

$$q = \frac{M}{2 c_2} \pm \frac{\sqrt{M^2 - 4 c_1 c_2}}{2 c_2}.$$

Der kleinste für M zulässige Wert ist nun offenbar

$$M = 2 \sqrt{c_1 c_2};$$

für diesen Wert wird aber

$$q = \frac{M}{2 c_2} = \sqrt{\frac{c_1}{c_2}}, = i \sqrt{\frac{T k m}{a \cdot z}}.$$

Folglich $M_1 = i \cdot l \cdot \sqrt{T \cdot k \cdot m \cdot a \cdot z}$

und $M_2 = i \cdot l \cdot \sqrt{T \cdot k \cdot m \cdot a \cdot z}$

Das heißt aber: am wirtschaftlich günstigsten ist der Querschnitt, wenn $M_1 = M_2$ ist.

Demonstration der Reaktionsgeschwindigkeit an der Bildung kolloidalen Silbers.

Von Franz Küsper in Nürnberg.

Bekanntlich erfolgt, im Grunde genommen, jede chemische Reaktion nach dem Gesetz der konstanten Proportionen derart, daß zur Bildung neuer Stoffe ganz bestimmte Mengen der vorher schon dagewesenen verbraucht werden. Die Geschwindigkeit jedoch, mit der die Umsetzung vor sich geht, hängt ab von der Konzentration und von der Temperatur, sowie von der eventuellen Anwesenheit katalytisch wirksamer Körper, die entweder eine Beschleunigung oder eine Verzögerung hervorrufen können. Schließlich beteiligt sich unter Umständen auch das Licht.

Es ist nicht gleichgültig, ob man auf 32,5 cg Zink 10 ccm Normalsalzsäure (36,5 g HCl im Liter) = 36,5 eg Chlorwasserstoff einwirken läßt, oder ob man 100 ccm Zehntelnormalsalzsäure (3,65 g HCl im Liter), welche dieselbe Menge wirksamer Substanz enthalten,

nämlich auch 36,5 cg Chlorwasserstoff, anwendet. Im ersten Falle wird in der Zeiteinheit mehr Wasserstoff entwickelt, als im letzten, und wenn aus der Zehntelsäure die letzten Gasblasen aufsteigen, um das Maß von 111,6 ccm Wasserstoff vollzumachen, so ist die Normal-säure schon lange mit der Lieferung derselben Menge fertig.

Es braucht nicht besonders hervorgehoben zu werden, daß die Änderung der Versuchsbedingungen bei beliebigen Unterrichtsexperimenten, sowohl was die Konzentration, als auch was die Temperatur anlangt, den Einfluß dieser Faktoren auf die Reaktionsgeschwindigkeit jederzeit zu demonstrieren gestattet. Trotzdem erscheint es wünschenswert, dem Schüler in sinnfälliger Weise die berührten Verhältnisse vor Augen zu führen, so, daß ohne besondere Mühe ein sofortiger, wenigstens annähernd richtiger, messender Vergleich angestellt werden kann. Diesem Zweck will der nachstehend beschriebene Versuch dienen. Derselbe bezieht sich auf die Bildung kolloidalen Silbers aus Silbernitratlösung durch Formalin in Gegenwart von Wasserglas.

Eine qualitativ angestellte Probe lehrte, daß sich mit diesen Reagenzien Silberkolloid auf einfache und leichte Weise erhalten läßt. Das Verfahren, in Kürze beschrieben, war folgendes: Zu einigen ccm Wasserglas (am besten farblos!) setzt man soviel Formalin (käufliches Formaldehydum solutum), daß eben keine Trübung bestehen bleibt. Dann werden einige Tropfen Silbernitrat zugegeben. Nimmt man sehr wenig von diesem Reagens, so entsteht eine dunkelmoosgrüne, fast schwarze Lösung; bei etwas größeren Mengen färbt sich die Flüssigkeit zuerst gelbbraun, um dann alle Farbenstufen über Rotbraun nach einem tiefen Dunkelrotbraun zu durchlaufen. Schließlich wird mit Wasser verdünnt¹⁾.

Zu den messenden Versuchen²⁾ wurden benutzt: 1. Zehntelnormales Silbernitrat (17 g AgNO_3 im Liter), 2. verdünntes, gewöhnliches Wasserglas (1:10 Vol.), 3. verdünntes Formalin (Formald. solut. 1:60 Vol.). Bei gewöhnlicher Temperatur erfolgt die Reaktion dieser Lösungen nur langsam, bei etwa 50° dagegen annähernd in einer Stunde, sodaß sich das Fortschreiten der Reduktion ganz bequem verfolgen und die zwischenliegende Zeit zu den nötigen Erklärungen verwenden läßt.

Über den Verlauf der Reaktion gibt folgende Tabelle (S. 287) Aufschluß.

Um den Einfluß der Konzentration auf den zeitlichen Verlauf der Silberreduktion im Unterricht zu demonstrieren, genügt es, die Lösungen I—V auf ca. 50° zu erwärmen und sie etwa nach 5, 10, 25 und 50 Minuten vorzuzeigen; außerdem stellt man eine zweite Probe No. V in ein gewöhnliches, stark kochendes Wasserbad und zeigt, daß die Lösung schon nach sehr kurzer Zeit vollständig reduziert ist.

Schließlich sei noch bemerkt, daß das Licht eine beschleunigende Wirkung auf den Reduktionsvorgang ausübt. Um dies zu veranschaulichen, stellt man zwei gleichstarke Lösungen aus 25 ccm verd. Wasserglas, 1 ccm $1/10$ N.-Silbernitrat und 10 ccm verd. Formalin (Konzentrationen wie oben; insgesamt je 36 ccm) her und bewahrt die eine vor Licht geschützt, die andere ohne besondere Vorsichtsmaßregeln bei gewöhnlicher Temperatur auf. Nach circa einer halben Stunde ist ein deutlicher Unterschied bemerklich²⁾.

Wesentlich für die Erzielung klarer Lösungen, soweit die tabellierten Versuche in Betracht kommen, ist weder besondere Reinheit des Wassers, noch des Wasserglases, sondern nur die Vermeidung stark gebrauchter oder staubiger und unreiner Gläser. Diese bedecken sich an den betreffenden Stellen mit schwarzem, pulverigem Silber und verursachen auch weiterhin die Abscheidung von solchem — eine Erscheinung, welche wohl mit dem Ansatz von Gasbläschen aus Lösungen an Rauhigkeiten und mit den bekannten Krystallisationsvorgängen an Wollfäden etc. verglichen werden darf.

Daß die mitgeteilten Versuche wirklich kolloidales Silber liefern, geht aus dem Verhalten der Lösungen beim Dialysieren hervor, wobei kein Silber diffundiert³⁾.

¹⁾ Näheres s. Ber. d. ch. Ges. 35, 2815.

²⁾ Ber. d. ch. Ges. 35, 4068 u. 4069.

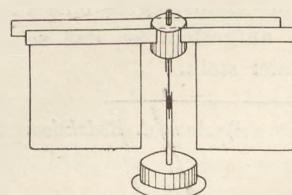
³⁾ Zu den Diffusionsversuchen eignen sich die bekannten Pergamentschläuche, wie sie zur Fabrikation von Erbswurst etc. dienen, sehr gut.

Lösungen: Je 25 ccm Wasser- glas (1:10) und 1 ccm $\frac{1}{10}$ N. = AgNO_3 , dazu Wasser Forma- lin (1:60)			Gesamtzahl der ccm	nach 5 Minuten		nach 25 Minuten		nach 50 Minuten	
Wasser	Forma- lin (1:60)	bei 46°		bei 85°	bei 46°	bei 85°	bei 46°	bei 85°	bei 85°
I.	22 ccm	2 ccm	50	—	weingelb	weingelb ins bräunliche	dunkelbraun	rotbraun	dunkelbraun
				—	0,5 ccm dieser Lösung wurden entfärbt durch 5 ccm Wasser	0,5 ccm dieser Lösung wurden entfärbt durch 10 ccm	0,5 ccm dieser Lösung wurden entfärbt durch 1600 ccm	0,5 ccm dieser Lösung wurden entfärbt durch 100 ccm	0,5 ccm dieser Lösung wurden entfärbt durch 1600 ccm
II.	20 ccm	4 ccm	50	—	rotbraun	hellrotbraun	dunkelbraun	dunkel- rotbraun	dunkelbraun
				—	entfärbt durch 100 ccm	entfärbt durch 50 ccm	entfärbt durch 1600 ccm	entfärbt durch 200 ccm	entfärbt durch 1600 ccm
III.	18 ccm	6 ccm	50	weingelb	dunkelbraun	braun	dunkelbraun	dunkel- rotbraun	dunkelbraun
				—	entfärbt durch 200 ccm	entfärbt durch 200 ccm	entfärbt durch 1600 ccm	entfärbt durch 800 ccm	entfärbt durch 1600 ccm
IV.	16 ccm	8 ccm	50	gelb ins bräunliche	dunkel- braun	sattbraun	dunkelbraun	dunkel- rotbraun	dunkelbraun
				—	entfärbt durch 1600 ccm	entfärbt durch 400 ccm	entfärbt durch 1600 ccm	entfärbt durch 1600 ccm	entfärbt durch 1600 ccm
V.	14 ccm	10 ccm	50	hellgelb- braun	dunkel- braun	dunkelbraun	dunkelbraun	dunkel- rotbraun	dunkelbraun
				—	entfärbt durch 1600 ccm	entfärbt durch 800 ccm	entfärbt durch 1600 ccm	entfärbt durch 1600 ccm	entfärbt durch 1600 ccm

Bemerkung. Die Verdünnungsgrade sind nur annähernd richtig, da ein Kolorimeter zur genauen Bestimmung nicht zur Verfügung stand und nur in 4 cm hoher Schicht in freistehenden Wägegläschchen von 5 cm Höhe und 25 ccm Inhalt beobachtet werden konnte. — Als Wasserbad diente ein Weißblechkasten von 30 cm Länge und 18 \times 18 cm Breite und Höhe mit Einsatz. Zur Erzielung der Temperatur von 46° wurde das Flämmchen eines abgeschraubten Bunsenbrenners benutzt, für die Siedehitze ein Dreibrenner.

Versuche mit einfachen Mitteln.

12. H. Rebenstorff in Dresden: **Nachweis des Luftwiderstandes.** Unter die Luftpumpenglocke bringt man eine auf einer Spitzschwebende Magnetnadel, von der zwei möglichst große, parallel der Längsrichtung angeklebte Flächen Blattgold herabhängen (s. Fig.). Die Nadel setzt man von außen mit einem Pol eines kräftigen Magnets in schnelle Umdrehung, den man oberhalb der Glocke mit einer allmählich steigenden, den Bewegungen der Nadel sich anpassenden Geschwindigkeit im Kreise herumbewegt. Man kann natürlich auch die Abstoßung eines Poles benutzen, indem man den Magneten in beschleunigtem Tempo wagerecht gegen jenen Pol heranführt und wieder entfernt, sobald der andere Pol herankommt. Nach dem Beiseitelegen des Magneten macht meine Magnetnadel unter gewöhnlichem Luftdrucke etwa 10 Umdrehungen, während sie es auf viermal so viele Umdrehungen bringt, wenn man bis zu einem Drucke von 2 cm Quecksilbersäule evakuiert hatte. In letzterem Falle hängen die Goldblattfahnen auch bei schnellster Drehung senk-



recht herab, während sie infolge des größeren Widerstandes unverdünnter Luft lebhaft emporflattern.

Eine leicht drehbare Nadel von geringem Trägheitsmoment, die auch sonst brauchbar ist, stellt man sich aus zwei kräftig magnetisierten Uhrfederstreifen von etwa 8 mm Breite und einer der Luftpumpenglocke angepaßten Länge her. Die Streifen schiebt man in zwei parallele Einschnitte eines Korkes (s. Figur), in dessen Mitte ein kurzes, am einen Ende rund zugeschmolzenes enges Glasrörchen sitzt. Zum Anlegen der zwischen dem Papier zurechtgeschnittenen Goldblattstücke an den mit Klebestoff bestrichenen Stahlstreifen biegt man das Papier auf einer Seite des Goldblattes zurück. Das Fußgestell kittet man mit Siegellack aus einer Bleischeibe, Kork, Glasrohr und einer Nähnadel zusammen.

13. E. Grimsehl in Hamburg: Bestimmung des Luftgewichts ohne Luftpumpe. Eine 2- bis 3-Literflasche wird mit einem einfach durchbohrten Kork verschlossen, durch den ein Glasrohr mit darangesetztem Gummischlauch geht. Der Gummischlauch kann durch einen Quetschhahn verschlossen werden. Man kann statt dessen auch eine Hahnrohre benutzen. Das Gewicht der Flasche bei geöffnetem Rohr wird auf einer Wage austariert. Nun saugt man mit dem Munde möglichst viel Luft heraus. Wenn man zwischendurch den Hahn schließt, um Atem zu holen, so erreicht man durch wiederholtes Saugen eine recht beträchtliche Luftverdünnung. Jetzt wird die Flasche wieder auf die Wage gestellt und neben die Flasche werden so viel Gewichtsstücke (ca. 1 g) gelegt, bis wieder Gleichgewicht eintritt. Es wird also das Gewicht der durch Saugen aus der Flasche entfernten Luft bestimmt. Darauf öffnet man den Gummischlauch oder den Hahn, während man die Rohröffnung unter Wasser hält. Es strömt Wasser in die Flasche ein, bis die Luft wieder auf Atmosphärendruck gekommen ist. Das Volumen der eingeströmten Wassermenge ist dem Volumen der ausgesaugten Luftmenge gleich. Der Quotient aus dem Luftgewicht und dem durch die Wassermenge bestimmten Luftvolumen ergibt das Gewicht der Volumeneinheit Luft bei Atmosphärendruck.

Das Verfahren liefert ausreichend genaue Resultate und ist vielleicht auf der Unterstufe der Bestimmung mit Hilfe der Luftpumpe wegen seiner Einfachheit vorzuziehen¹⁾.

Ph. v. Rostowzew in Warschau: Einige Vorlesungsversuche.

14. Die Abhängigkeit der **Schwingungsdauer** des Pendels von der Beschleunigung kann man leicht mit Hilfe des Elektromagneten demonstrieren. Man nimmt eine Eisenkugel von 5 cm Durchmesser und hängt sie wie üblich an zwei Fäden auf. Unter der Kugel stellt man einen Elektromagneten auf und hängt neben das Pendel ein zweites gleich langes mit einer Elfenbeinkugel. Darauf bringt man die Pendel in Schwingungen von kleiner Amplitude, sie schwingen dann mit gleicher Periode. Schließt man jetzt den Strom im Elektromagneten, so fängt das Eisenpendel sofort schneller zu schwingen an; unterbricht man den Strom, so schwingt das Pendel wieder langsam. Den Strom schließen und unterbrechen muß man immer dann, wenn das Pendel durch seine Ruhelage geht.

15. Joulesche Wärme kann man auf folgende Weise demonstrieren: Man schneidet einen schmalen Streifen Magnesiumband ab und schickt durch ihn den Strom; wenn der Streifen hinreichend schmal ist, so entzündet er sich.

16. Die Reflexion des Schalles zeigt man am besten, wenn man in den Brennpunkt eines Hohlspiegels eine Pfeife bringt und in den Brennpunkt des zweiten Hohlspiegels, der so aufgestellt ist, daß seine Achse mit der des ersten zusammenfällt, ein Kundtsches Manometer stellt.

¹⁾ *Anm. d. Redaktion.* Man vergleiche hierzu die Versuche von Galilei, *d. Zeitschr. XV.* 322.

Berichte.

1. Apparate und Versuche.

Ein Versuch über die Zerlegung der Kräfte. Von E. C. WOODRUFF. (*School Science, March 1903.*) Auf einem schweren Grundbrett befindet sich eine hölzerne Säule m von 80 cm Länge und 2×4 cm im Querschnitt, durch ein dreieckiges Zwischenstück p gestützt. Senkrecht gegen die Säule legt sich ein Stab B von 30 cm Länge, dessen an die Säule angrenzendes Ende 1×2 cm im Querschnitt hat, während er sich gegen das andere Ende bis auf 1 qcm verjüngt. Das breitere Ende ist abgeschrägt, wie Figur 1 zeigt, und paßt mit der scharfen Kante in feine Kerben der Säule; das schmalere Ende ist mit drei Ösen, a , b , c , versehen, von denen a an eine Schnur G befestigt ist, b ein Gewicht W trägt und c zur Anlegung eines Dynamometers dient. Die Kerben der Säule liegen 20 cm und 30 cm oberhalb des Grundbretts; 15 cm höher als die obere Kerbe ist ein Spalt in die Säule geschnitten, und senkrecht dazu ist ein Holzstift (Fig. 2) durch die Säule gesteckt, über den die Schnur G gezogen werden kann. Noch 30 cm höher befindet sich, nahe dem Ende der Säule, ein zweiter Spalt derselben Art. An der Hinterseite der Säule sind Krampen angebracht, um die das freie Ende der Schnur gewickelt werden kann.

Um den Versuch auszuführen, hängt man an das Ende des Stabes B ein Gewicht von etwa 1 kg, nachdem man den Stab B in die untere Kerbe gelegt und die Schnur über den oberen Stift geführt hat. Die Seiten des Kräftedreiecks sind dann 30 cm, 60 cm und $\sqrt{30^2 + 60^2}$ cm. Man bringt nun ein Dynamometer in horizontaler Richtung an der Öse c an und zieht es so lange an, bis der Stab sich an der Säule lockert und herabzufallen beginnt. Die größte abgelesene Spannung ist ein Maß für den Druck, der längs des Stabes gewirkt hat.

Man bringt den Stab wieder an seine Stelle und schaltet das Dynamometer zwischen die Schnur G und das freie Ende des Stabes ein; die Ablesung liefert die Spannung der Schnur.

Man erhält auf diese Art Resultate, die den Seitenlängen des Kräftedreiecks entsprechen. Durch andre Kombination der Kerbe und Stifte erhält man noch drei weitere Fälle, in denen die vertikale Seite 45 cm, 30 cm und 15 cm lang ist und die Spannung der Schnur sehr rasch wächst. Diese Versuche machen auch unmittelbar anschaulich, daß die Komponente einer Kraft größer sein kann, als die Kraft selbst — ein Fall der grade dem denkenden Schüler Schwierigkeiten zu bereiten pflegt.

Experimentelle Erläuterung der Präzession und Nutation. Von H. V. GILL. Schon Herschel hat in den *Outlines of Astronomy* darauf hingewiesen, daß die Präzession mit Hilfe eines Kreisels demonstriert werden könne. Auch die Nutation läßt sich zeigen, wenn der Kreisel nicht ganz vollkommen ausbalanciert ist, insbesondere wenn eine Seite absichtlich etwas schwerer als die andere gemacht wird. Die Stärke der Nutation wächst mit der Größe des Übergewichts. Eine Reihe von Versuchen dieser Art wurde mit einem kleinen Rade

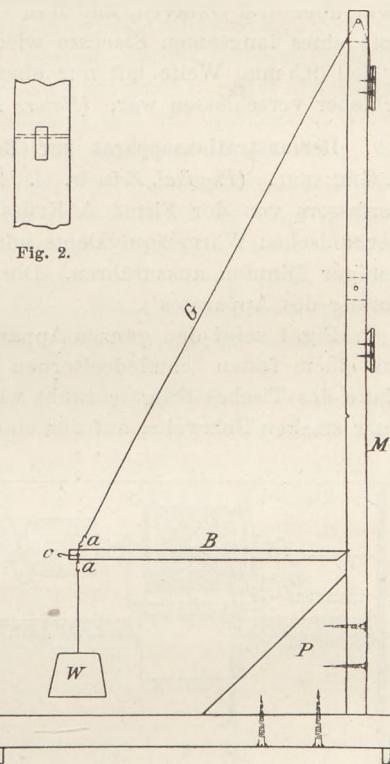


Fig. 2.

Fig. 1.

aus einem Uhrwerk angestellt, das sich auf einer berußten Glasplatte bewegte. Die gezeichnete Kurve besteht aus drei zyklidenartig aneinander gereihten Kreisen und zeigt in ihrem ganzen Verlaufe eine feine Kräuselung. Die auf der Glasplatte befindliche Kurve läßt sich auch direkt projizieren. (Nature No. 1747, April 23, 1903.)

Eine einfache empfindliche Flamme. Von E. H. BARTON. Die Flamme eines Bunsenbrenners wird bei völligem Abschluß der Luft durch Verminderung des Gasdrucks so reguliert, daß sie spitz zulaufend, aber völlig ruhig brennt. Ihre Empfindlichkeit erstreckt sich dann über drei Oktaven, und ihre Form stellt sich so rasch wieder her, daß sie selbst jede Note eines langsam Staccato wiedergibt. Am geeignetsten erwies sich ein Brenner von $\frac{3}{8}$ Zoll (9,5 mm) Weite mit nur einer Luftpufföffnung, die durch einen dicht anliegenden Schieber verschlossen war. (Nature No. 1737, Febr. 12, 1903.)

Demonstrationsapparat zur Bestimmung des mechanischen Wärmeäquivalents. Von E. GRIMSEHL. (Physikal. Zeitschr. 4. Jahrg. No. 21.) Der Apparat, der nach den Angaben des Verfassers von der Firma A. Krüss in Hamburg gebaut ist, gestattet, die Bestimmung des mechanischen Wärmeäquivalents mit einem hinreichenden Grade von Genauigkeit innerhalb weniger Minuten auszuführen. Die Einfachheit der Versuchsanordnung ist ein besonderer Vorteil des Apparates¹⁾.

Fig. 1 zeigt den ganzen Apparat, an dem Experimentiertisch festgeschraubt; er besteht aus einem festen schmiedeeisernen Gestell, das mittels zweier kräftiger Schrauben an der Platte des Tisches festgeschraubt wird. Das Gestell enthält die beiden Lager für die Achse einer starken Holzwelle, auf der eine starke Hanfschnur aufgewunden werden kann. Das in

der Figur linke Ende der Achse ist mit einem Vierkant versehen, auf den eine Kurbel aufgesteckt ist. Die linke Seite des Gestelles hat außerdem eine Bohrung, in die ein konischer

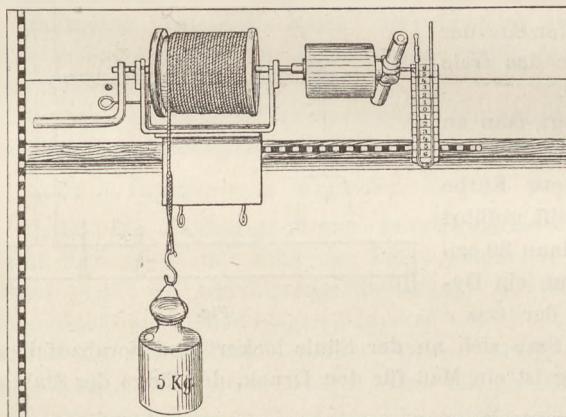


Fig. 1.

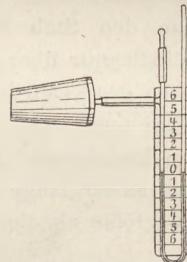


Fig. 2.

Eisenstift so hineingesteckt werden kann, daß die Kurbel sich dagegen legt und nun am Drehen verhindert wird. Auf das rechte Ende der Achse ist eine Holzbuchse aufgeschraubt, die von der rechten Seite aus konisch ausgebohrt ist und zwar so, daß ein hohler Kupferkonus gerade hineinpaßt. Der Kupferkonus ist in Fig. 2 besonders abgebildet. Es ist ein allseitig geschlossener, aus dünnem Kupferblech gearbeiteter Hohlkonus, in dessen Inneres von der breiten, also vorderen Grundfläche aus ein Kupferrohr führt, an welches ein offenes Manometer mittels Gummischlauchverbindung angeschlossen ist. Der kürzere Schenkel des Manometers kann durch ein Ende Gummischlauch mit eingesetztem Glasstift geöffnet und geschlossen werden. [Das Manometer enthält Alkohol, der mit Ketonblau gefärbt ist.] Der kupferne Hohlkonus mit dem daran gesetzten Manometer ist gewissermaßen ein vereinfachtes Luftthermometer, an dem die durch die Reibung des Konus in der Bohrung der Holzbuchse erzeugte Wärme bestimmt werden kann, nachdem man den thermometrischen Skalenwert

¹⁾ Die in [] befindlichen Zusätze sind vom Verfasser für diesen Bericht zur Verfügung gestellt.

des Manometers und den kalorischen Wasserwert des Kupferkonus durch Vorversuche ein für allemal bestimmt hat.

[Man bringt dazu den hohlen Kupferkonus in ein mit Wasser gefülltes Becherglas, während das Manometer sich außerhalb des Becherglases befindet. Nun erwärmt man das Wasser im Becherglase durch einen untergesetzten Brenner langsam und beobachtet bei verschiedenen Temperaturen den Stand des Manometers. Dabei genügt es, nur den Stand der Flüssigkeit in dem einen, z. B. dem äußeren Schenkel des Manometers zu notieren. Aus den beobachteten Temperaturdifferenzen und den gleichzeitig beobachteten Ständen der Flüssigkeitssäule im Manometer läßt sich dann der Temperaturwert eines Skalenteils unmittelbar berechnen.] Bei dem dieser Beschreibung zu Grunde liegenden Apparate entsprach einer Steigung der Manometerflüssigkeit um 1 mm die Temperaturerhöhung um $0,05^{\circ}\text{C}$. [Der Wasserwert des Kupferkonus wird am einfachsten aus der Masse des Konus und der spezifischen Wärme des Kupfers berechnet. Beim vorliegenden Apparate war die Masse des Konus 45,3 g, und unter Annahme der spezifischen Wärme des Kupfers zu 0,09 ergibt sich hieraus der Wasserwert des Konus zu $45,3 \cdot 0,09 = 4,07$ g, ein Wert, der sich als Mittelwert aus einer größeren Anzahl von Bestimmungen der spezifischen Wärme mittels des Mischungskalorimeters ebenfalls ergab. Der Wasserwert der im Kupferkonus eingeschlossenen Luft betrug 0,015, er kann ohne Bedenken vernachlässigt werden, da er innerhalb der Grenzen der Beobachtungsfehler liegt. Man kann ihn aber zur Korrektion des Wasserwerts des Kupferkonus benutzen und erhält so für diesen den Wert 4,08 g.]

Zur Ausführung der Bestimmung des mechanischen Wärmeäquivalents windet man ein an die Hanfschnur gehängtes Gewicht von beispielsweise 5 kg durch Drehen der Kurbel bis zur Tischhöhe auf, setzt den Haltestift links ein, setzt darauf den Kupferkonus mit Manometer in die Bohrung und drückt den Konus mit einer besonderen hölzernen Haltevorrichtung mit beiden Händen in die Bohrung. Nachdem man durch Lüften des Glasstäbchens im Manometer daselbst ungefähre Niveaugleichheit an beiden Schenkeln erzeugt hat, läßt man durch einen Gehilfen den Haltestift links herausziehen. Das Gewichtstück fällt herunter und setzt dadurch Welle und Holzbuchse in Drehung. Die Drehung wird durch angemessenen Druck des Konus in die Bohrung so gebremst, daß das Gewichtstück bis zur Fußbodenhöhe herabsinkt, jedoch hier fast ohne lebendige Kraft ankommt. Man liest nun rasch den Stand des Manometers ab.

Bei einem von vielen Versuchen ergab sich beim Fallen des 5 kg Gewichtstückes aus 70 cm Höhe die mechanische Energie zu 3,5 mkg. Die Steighöhe des Manometers betrug hierbei 38 mm, das bedeutet eine Temperaturerhöhung um $38 \cdot 0,05 = 1,9^{\circ}\text{C}$. Da der Wasserwert des Kupferkonus 4,08 g betrug, ergibt sich die entwickelte Wärmemenge zu $4,08 \cdot 1,9 = 7,75$ Grammkalorien oder 0,00775 Kilokalorien. Hieraus folgt für das mechanische Wärmeäquivalent der Wert $\frac{3,5}{0,00775} = 451$, also 1 Kal. = 451 mkg.

Daß der erhaltene Wert etwas zu groß ist, ist natürlich darin begründet, daß unvermeidlich ein Bruchteil der Energie verloren geht. Dieser Bruchteil ist aber deshalb so gering, weil der Versuch nur einen kleinen Bruchteil einer Minute Zeit in Anspruch nimmt.

Will man eine größere Fallhöhe verwenden, so kann man die Hanfschnur über eine an einem starken Deckenhaken befestigte Rolle führen. Man hat dann eine Fallhöhe von fast 4 m zur Verfügung. [Man kommt dann mit einem Gewichtstück von 2 kg aus. Will man aber ein größeres Gewichtstück verwenden, so muß man ein Manometer mit weiterem Rohre nehmen, weil das enge Manometerrohr ein zu hohes Steigen der Flüssigkeit bewirkt. Bei genauerer Berechnung der mechanischen Energie ist der Reibungsfehler zu berücksichtigen. Es empfiehlt sich auch, bei großer Fallhöhe das Gewicht rasch fallen zu lassen, aber kurz vor dem Aufstoßen auf den Fußboden wieder so zu bremsen, daß möglichst alle Bewegungsenergie in Wärme umgesetzt wird. Verfährt man bei den Versuchen zu langsam, so wird der erhaltene Wert zu groß, da dann ein Teil der Wärme wieder durch Ausstrahlung und Leitung verloren geht.]

Die Einfachheit der Versuchsanordnung gestattet eine mehrfache Wiederholung der Versuche mit verschiedenen Gewichten und verschiedenen Fallhöhen innerhalb kurzer Zeit. Auch für die praktischen physikalischen Schülerübungen kann der Apparat verwandt werden.

P.

2. *Forschungen und Ergebnisse.*

Moderne Ansichten über die Materie — die Verwirklichung eines Traums betitelte W. CROOKES einen Vortrag, den er am 5. Juni d. J. auf dem Kongreß für angewandte Chemie zu Berlin gehalten hat. Er führte darin aus, daß schon seit fast 100 Jahren, namentlich in England der Gedanke an eine Zerlegbarkeit der chemischen Elemente Eingang gefunden hat. 1809 wies Sir Humphry Davy auf die mögliche Existenz einer allen Metallen gemeinsamen Substanz hin. Davy brauchte zuerst den Ausdruck von der „strahlenden Materie“: „wenn Teilchen von Gasen dazu gebracht werden könnten, sich im freien Raum mit fast unendlicher Geschwindigkeit zu bewegen, d. h. strahlende Materie zu werden, so dürften sie die verschiedenen Arten der sich durch ihre besonderen Wirkungen unterscheidenden Strahlen hervorbringen.“ Das klingt wie eine Prophezeiung des modernen Elektrons. Auch Faraday wendet 1816 denselben Ausdruck an und weist auf die Aufgabe der Chemiker, die Metalle zu zerlegen, hin. 1844 spricht derselbe von der Möglichkeit einfacher und zusammengesetzter Atome; ein Jahr später entwickelt er die ersten Gedanken über die Beziehungen zwischen Magnetismus und Licht, die erst in neuester Zeit in ihrer Bedeutung erkannt worden sind. 1879 nahm CROOKES selbst den Begriff der „strahlenden Materie“ wieder auf und bezeichnete damit die den Kathodenstrom bildenden Teilchen, welche weder fest noch flüssig noch gasförmig sind, nicht Atome selbst, sondern viel kleiner und leichter als diese, die Urteilchen, aus denen die Atome zusammengesetzt sind. Die physikalischen Eigenschaften der strahlenden Materie sind im Vakuum für alle Stoffe die gleichen, ob das Gas in der Röhre Wasserstoff, Kohlensäure oder Luft ist. CROOKES glaubte in der strahlenden Materie „das Grenzland erreicht zu haben, wo Materie und Kraft ineinander fließen.“ 1881 erklärte J. J. Thomson die durch Kathodenstrahlen veranlaßte Phosphoreszenz des Glases durch die plötzlichen Änderungen des Magnetfeldes infolge der plötzlichen Hemmung der Kathodenteilchen. 1888 entwickelte CROOKES seine Theorie von der „Genesis der Elemente“ aus einer unendlichen Zahl unmeßbar kleiner allerletzter Teilchen, die allmählich aus einem formlosen Staub zusammenwachsen und sich mit unfaßbarer Geschwindigkeit nach allen Richtungen bewegen. Die primären, die Existenz eines Atoms bestimmenden Bewegungen sollten sich langsam ändern, in gewissem Grade auch die sekundären Bewegungen, die sich als Wärme, chemische, elektrische Energie äußern, sodaß es wahrscheinlich würde, daß die Atome der chemischen Elemente nicht von ewiger Dauer, sondern mit allem Geschaffenen dem Verfall und Tod ausgesetzt wären. Durch eine Art Kampf ums Dasein sollten sich nach Darwinschen Grundsätzen die einzelnen Elemente entwickelt haben, und zwar zuerst die mit niedrigem, dann die mit mittlerem und endlich die mit höchstem Atomgewicht wie Thor und Uran. Nach diesen müßten sich Stoffe bilden, deren Dissoziationspunkt nicht jenseits der Kraft unserer irdischen Wärmequellen liegt. CROOKES glaubt nun, daß Radium das zunächst hinter Uran stehende Element ist, welches sich gegenwärtig von selbst dissoziiert.

Zur Vollendung jener Theorien führen die Ansichten über die elektrischen Eigenschaften der Atome. 1875 sprach Clifford die Ansicht aus, daß jedes materielle Atom von einem kleinen elektrischen Strom umgeben sei, wenn nicht etwa ganz daraus bestehe. Die von Weber gefaßte Idee elektrischer Atome nahm konkrete Gestalt an, als Stoney zeigte, daß Faradays Gesetz der Elektrolyse die Existenz bestimmter elektrischer Ladungen der Ionen voraussetze; diese bestimmte Ladung nannte er Elektron. Die Elektronen identifizierte CROOKES 1891 mit der strahlenden Materie. Treffen die Elektronen einen phosphoreszierenden Körper, so erregen sie hier die Schwingungen des orangefarbenen Lichts, treffen sie auf ein Metall, so erregen sie Erschütterungen von weit höherer Frequenz als Licht, aber nicht als regelmäßige Schwingungen, sondern, nach Stokes, als vereinzelte Impulse. Folgen-

der Versuch ist für die Elektronentheorie grundlegend. Von einer Silberkathode gehen im hohen Vakuum Kathodenstrahlen durch das Loch eines vor der Kathode befestigten Glimmerblättchens und erregen auf der gegenüberliegenden Glaswand helle Phosphoreszenz. Ist die Röhre einige Stunden hindurch in Tätigkeit, so sieht man, daß sich Silber auf dem Glimmerschirm in unmittelbarer Nähe der Kathode niedergeschlagen hat, während das andere Ende der Röhre, das stundenlang infolge des Anpralls der Elektronen geleuchtet hat, ohne Niederschlag ist. Der positiv elektrische Silberniederschlag wird gebildet von den positiven Ionen des Silbers, von denen sich die negativen Elektronen während der Entladung trennen.

Die Untersuchungen über die elektrischen Erscheinungen im Vakuum erhielten eine gewaltige Bereicherung durch die Entdeckungen von Lenard und Röntgen in den Jahren 1893—95. Deward fand Beziehungen zwischen der Durchlässigkeit der Röntgenstrahlen und den Atomgewichten und zog daraus einen Schluß auf das Atomgewicht des Argons. 1896 folgte die Entdeckung der von dem Uran ausgehenden Strahlen durch Becquerel, in den nächsten Jahren die glänzenden Untersuchungen von Herrn und Frau Curie über die radioaktiven Körper. Zu diesen gehört vor allem das Radium. Über die Radiumstrahlen ist in d. Zeitschr. oft berichtet worden. Crookes hob die drei verschiedenen Arten dieser Strahlen hervor. Die Strahlen der ersten Gruppe bestehen aus negativen Elektronen und ähneln in jeder Beziehung den Kathodenstrahlen, sind sehr durchdringend und vom Magneten ablenkbar; sie gehen vom Radium mit $\frac{1}{10}$ der Lichtgeschwindigkeit aus, verlangsamen sich aber durch Zusammenstoß mit den Luftpäten. Die Strahlen der zweiten Gruppe bilden die positiven Körperionen, sind erheblich größer, weniger durchdringend und vom Magneten nur wenig, aber nach entgegengesetzter Richtung ablenkbar; sie bewegen sich mit nahezu Lichtgeschwindigkeit. Die Strahlen der dritten Gruppe sind sehr durchdringend, aber garnicht ablenkbar; sie entsprechen den Röntgenstrahlen und entstehen durch den plötzlichen Anprall der Elektronen an der festen Materie in Form Stokesscher Ätherimpulse. Die Masse eines Elektrons ist $\frac{1}{700}$ eines Wasserstoffatoms oder $3 \cdot 10^{-25}$ g, es besitzt eine Geschwindigkeit von $2 \cdot 10^9$ cm in der Sek. und eine kinetische Energie von 10^{17} erg pro mg; nach Becquerel würde 1 qcm radioaktiver Oberfläche ein Gramm Materie in einer Billion Jahren aussenden. Im Gegensatz zu den Elektronen sind die Körperionen von bedeutender Größe. Sie werden daher von den Atomen aufgehalten, während die Elektronen zwischen den Körperatomen leicht hindurchgehen. Die Elektronen bringen besonders Baryumplatincyanür, die positiven Ionen Sidots Zinksulfid zur Phosphoreszenz, das umgekehrte in viel geringerem Grade. Mit Röntgenstrahlen verglichen sind die Elektronen weniger durchdringend als jene: eine mit Röntgenstrahlen in drei Minuten gemachte photographische Aufnahme braucht mit Radiumstrahlen drei Tage. Die Kraft, mit der die Radiumemanationen elektrisierte Körper entladen, hängt von der Ionisation des durchstrahlten Gases ab.

Nach der Elektronentheorie von Lodge besitzt ein chemisches Atom eine Anzahl überschüssiger negativer Elektronen, nach deren Entfernung es positiv geladen ist. Das Elektron ist klein im Vergleich mit der Hauptmasse, beim Wasserstoff $\frac{1}{700}$ derselben. Die negative Ladung ist bedingt durch die überschüssigen Elektronen, deren Zahl — eins, zwei, drei u. s. w. — der chemischen Valenz des Körpers entspricht; die Hauptmasse des Atoms besteht aus paarweisen positiven und negativen Gruppen. Sind die überschüssigen Elektronen entfernt, so wirkt das Restatom, das Ion, als massiver positiv geladener Körper. In einem hohen Vakuum reißt der Induktionsfunke diese Bestandteile des verdünnten Gases auseinander: während die positiven Ionen infolge der Kollisionen bald niedergeschlagen werden, werden die Elektronen mit enormer Geschwindigkeit vom negativen Pol fortgetrieben. Auf Grund dieser Forschungsergebnisse will CROOKES zu der Franklinschen Ein-Fluidum-Theorie der Elektrizität zurückkehren. Faßt man das Elektron als das Atom oder als die Einheit der Elektrizität auf, so würde das sogenannte negativ geladene chemische Atom einen Überschuß an Elektronen, deren Zahl von der Valenz abhängt, enthalten, das positive Ion einen Fehlbetrag an Elektronen. Differenzen der elektrischen Ladung können so verglichen werden mit dem „debit“ und „credit“ einer Bankrechnung, wobei die Elektronen als Zahlungsmünze dienen.

Die Elektronentheorie paßt ausgezeichnet zu Ampère's Ansicht, daß der Magnetismus in um die Eisenatome rotierenden elektrischen Strömen besteht. Die Elektronen besitzen ferner eine Eigenschaft, die man von der Materie als untrennbar ansieht, nämlich Trägheit. Thomson entwickelte 1881 den Gedanken der elektrischen Trägheit (Selbstinduktion), beruhend auf sich bewegender Ladung. Das Elektron erscheint hiernach nur als scheinbare Masse wegen seiner elektrodynamischen Eigenschaften; betrachten wir alle Formen der Materie als bloße Anhäufungen von Elektronen, so würde die Trägheit der Materie sich ohne materielle Basis erklären lassen. Nach dieser Auffassung wäre das Elektron das CROOKES'sche „Protyl“, durch dessen verschiedene Gruppierung sich die Elemente bilden.

Zum Schluß beschrieb CROOKES einige Versuche, durch welche die von dem Radium fortgeschleuderten Teilchen direkt sichtbar gemacht werden können. Bringt man einige kleine Körnchen Radiumsalz auf einen Zinksulfidschirm, so zeigen sich auf der Oberfläche sofort glänzende Flecken grünen Lichts. Im dunklen Zimmer unter einem Mikroskop mit $\frac{1}{3}$ -Zoll-Objektiv erscheint jeder Fleck mit einem dunklen Zentrum, umgeben von einem diffus leuchtenden Hof. Außerhalb dieses Hofes sprühen Funken über die dunkle Oberfläche des Schirms. Bringt man ein festes Stück eines Radiumsalzes in die Nähe des Schirms und beobachtet mit einer etwa 20 mal vergrößernden Lupe, so erscheinen die funkelnenden Stellen sehr zerstreut; beim Nähern des Radiums werden sie zahlreicher und heller, bis bei Berührung die Lichtblitze einander so rasch folgen, daß die Oberfläche wie eine aufgeregte leuchtende See erscheint. Sind die funkelnenden Punkte nur in geringer Zahl vorhanden, so erregen sie keine nachhaltige Phosphoreszenz und erscheinen wie Sterne auf dem dunklen Himmel.

Polonium, Aktinium und radioaktives Platin erzeugen eine ähnliche Wirkung, nur sind die Funken in geringerer Zahl. Im Vakuum und bei der Temperatur des flüssigen Wasserstoffs findet die Erscheinung in derselben Weise statt. Man sieht die Funken sehr bequem, wenn man den Zinksulfidschirm an das Ende einer Messingröhre, ein Stück Radiumsalz etwa 1 mm davor bringt und durch die Linse am andern Ende der Röhre beobachtet. CROOKES nennt diesen Apparat ein „Spinthariskop“. Ist das Radium 5 cm von dem Schirm entfernt, so sieht man nicht mehr als ein oder zwei Lichtblitze in der Sekunde. Nähert man das Radium, so werden sie häufiger und sind bei 1—2 cm Entfernung nicht mehr zu zählen.

Die Erleuchtung des Schirms wird veranlaßt durch Emanationen, die Papier nicht durchdringen. Wir beobachten also wahrscheinlich das Bombardement des Schirms durch die von dem Radium fortgeschleuderten positiven Ionen. Jedes Teilchen wird nur sichtbar durch die große Ausdehnung der von ihm auf der empfindlichen Fläche verursachten Erregung, ebenso wie die einzelnen auf eine stille Wasserfläche fallenden Regentropfen nicht selbst, sondern nur vermöge der von ihnen erzeugten Wellenkreise sichtbar sind.

Nach CROOKES' Ansicht wären wir hier Augenzeugen einer spontanen Zersetzung des Radiums und müßten so zu einem Zweifel an der dauernden Stabilität der Materie gelangen. „Diese fatale Eigenschaft der Atomzersetzung scheint allgemein zu sein und tritt ein, wenn wir ein Stück Glas mit Seide reiben; sie wirkt im Sonnenschein und in Regentropfen, im Blitz und in Flammen; sie herrscht vor im Wasserfall und in der stürmischen See. Und wenn auch die ganze Reihe menschlicher Erfahrungen zu kurz ist, um eine Parallaxe zu ergeben, aus der das Datum der Vernichtung aller Materie berechnet werden kann, so wird doch das „Protyl“, der formlose Staub einmal wieder die oberste Herrschaft führen, und der Stundenzeiger der Ewigkeit wird dann eine Umdrehung vollendet haben.“

Schk.

Das Reflexionsvermögen der Metalle und seine Beziehungen zu dem elektrischen Leitvermögen. Von E. HAGEN und H. RUBENS. (*Ann. d. Physik* 8, 1. u. 432; 1902. *Berl. Akad. Ber.* 1903, S. 269 u. 410. *Verhdl. d. Dtsch. Phys. Ges.* 1903, S. 113 u. 145.) Um das Reflexionsvermögen von Metallen im ultravioletten und ultraroten Spektralgebiet zu bestimmen, maßen die Verff. die Intensität der direkt auffallenden und der reflektierten Strahlung durch Vergleich ihrer Wärmewirkungen. Zu dem Zwecke wurde in das Beobachtungsrohr eines Spektralapparats an Stelle des Fadenkreuzes eine lineare Thermosäule gebracht, die mit einem äußerst empfindlichen Galvanometer in Verbindung stand. Als

Lichtquelle für ultraviolettes Licht diente der positive Krater eines elektrischen Lichtbogens, — dessen Spektrum im ultravioletten Teil zwischen $385 \mu\mu$ und $221 \mu\mu$ eine Anzahl Emissionsbanden enthält, die noch genaue Messungen mit der Thermosäule zulassen. Die ultraroten Strahlen wurden durch einen Wasserkasten mit Quarzwänden eliminiert; zur Wegschaffung der diffusen sichtbaren Strahlung wurden Substanzen eingeschaltet, die nur die zu untersuchende Strahlenart absorbierten, alle andern aber durchließen. Man erhielt dadurch mit großer Genauigkeit lediglich die Energie der Strahlen, auf welche der Spektralapparat eingestellt war. — Für Untersuchungen im Ultrarot wurde als Lichtquelle ein Nernstscher Glühkörper benutzt.

Die Verff. bestimmten so das Reflexionsvermögen von Silber, Platin, Nickel, Stahl, Gold, Kupfer und verschiedenen Legierungen. Es zeigte sich, daß das Reflexionsvermögen des Silbers unterhalb der Wellenlänge $450 \mu\mu$ schnell abfällt und bei $320 \mu\mu$ ein Minimum von etwa 4% erreicht, was auch schon von früheren Forschern auf anderem Wege gefunden war. Während also Silber für sichtbare Strahlen das am besten reflektierende Metall ist, zeigt es für ultraviolette Strahlen von 250 — $350 \mu\mu$ das geringste Reflexionsvermögen und reflektiert bei $320 \mu\mu$ weniger als eine einzelne Quarzfläche. Im Gegensatz zu Silber zeigen Gold und Kupfer im sichtbaren Spektralgebiet viel stärkere Änderungen als im Ultravioletten; das Minimum ist hier auch vorhanden, aber weniger deutlich. Platin, Eisen und Nickel zeigen für alle Strahlenarten annähernd den gleichen Verlauf des Reflexionsvermögens. Von den untersuchten Legierungen zeichnet sich das Magnalium Machs durch ein ausnehmend hohes Reflexionsvermögen aus, das selbst bei $251 \mu\mu$ noch 67% beträgt. Für ultrarote Strahlen war das Reflexionsvermögen bei allen Metallen und Legierungen viel gleichförmiger als für die sichtbaren und ultravioletten Strahlen. Dies dürfte darauf zurückzuführen sein, daß bei kurzwelligen Strahlen die molekulare Struktur der Substanzen schon einen störenden Einfluß ausübt.

Eine Ergänzung dieser Untersuchungen über das Reflexionsvermögen der Metalle bildete die Untersuchung der Absorption ultravioletter, sichtbarer und ultraroter Strahlen in dünnen Metallschichten. Die für die Versuche verwendeten Silber-, Gold- und Platinschichten wurden größtenteils durch Kathodenserstäubung auf dünnen planparallelen Quarzplatten hergestellt. Die Messung der Schichtdicke erfolgte durch Wägung vor und nach der Zerstäubung; die Schichtdicken lagen beim Gold zwischen 50 und $100 \mu\mu$, bei Silber zwischen 40 und $140 \mu\mu$, bei Platin zwischen 20 und $90 \mu\mu$. Durch besondere Untersuchungen wurde festgestellt, daß das Reflexionsvermögen von Gold für Schichtdicken von mehr als $50 \mu\mu$ nicht wesentlich von dem maximalen Grenzwerte verschieden ist; dasselbe dürfte für Platin und Silber auch zutreffen, sodaß die gewählten Dicken groß genug sind, um die Absorptionskonstante genau bestimmen zu lassen. Die Verff. maßen mit derselben Methode wie vorhin die Intensität J der auffallenden und die Intensität i der von der Schicht durchgelassenen Strahlung; ist d die Schichtdicke, so wird die Absorptionskonstante aus der Gleichung $\frac{i}{J} = 10^{-ad}$ d. i. $a = \frac{1}{d} \log \frac{J}{i}$ bestimmt. Statt der auffallenden müßte eigentlich die eindringende Strahlung gemessen werden, doch werden die relativen Werte dadurch nicht beeinflußt.

Die Ergebnisse der Absorptionsmessungen waren durchaus den Ergebnissen der Reflexionsmessungen entsprechend. Bei allen Silberschichten fiel das Maximum der Durchlässigkeit genau mit dem Minimum der Reflexion im Ultravioletten zusammen und war sehr ausgeprägt. Durch Benutzung einer gleich dicken Schicht von $80 \mu\mu$ für die drei Metalle war ein Vergleich derselben möglich. Platin zeigte sich als sehr stark und nahezu für alle Wellenlängen gleichmäßig absorbierend, Gold hatte von allen Metallen die größte Durchlässigkeit mit einem Maximum zwischen $0,50$ und $0,55 \mu$, Silber war bei $\lambda = 0,321 \mu$ etwa 1200 mal durchlässiger als Platin. Die Konstante a nimmt bei Platin mit wachsender Wellenlänge ab, bei Gold zeigt sie ein Minimum im Grün, beim Silber nimmt sie von Grün nach dem Ultrarot stark zu. Im Gebiete der größten betrachteten Wellenlänge ist Platin das

durchlässigste Metall, während es im Ultraviolett und im sichtbaren Spektralgebiet das bei weitem undurchlässigste ist.

Aus dem von den Verff. ebenfalls bestimmten „Extinktionskoeffizienten“ und dem Reflexionsvermögen ließ sich der Brechungsexponent der Metalle für die verschiedenen Wellenlängen berechnen. Derselbe fällt für Silber von 0,63 im Ultrarot auf 0,4 im Rot und 0,22 im Blau und erreicht im Ultraviolett bei $357 \mu\mu$ ein Minimum von 0,2, steigt dann bis $251 \mu\mu$ wieder auf 3,5. Das Silber hat also zuerst anomale, dann normale Dispersion. Bei Gold steigt der Brechungsexponent von 0,37 bei $\lambda = 700 \mu\mu$ auf 1,63 bei $450 \mu\mu$, es hat also normale Dispersion; im Ultrarot ist sie anomale, indem n mit wachsendem λ bis auf 0,88 bei $1500 \mu\mu$ sinkt. Platin hat hohe Brechungsexponenten (von 2,1 bei $450 \mu\mu$ bis 4,5 bei $1200 \mu\mu$) und starke anomale Dispersion.

Im weiteren Verlaufe ihrer Untersuchungen gelang es HAGEN und RUBENS, die optischen Eigenschaften der Metalle mit der elektromagnetischen Lichttheorie in Einklang zu bringen. Da Maxwell die Eigenschwingungen der Moleküle nicht in Rechnung zieht, diese aber im Bereich der kürzeren Wellen die optischen Eigenschaften erheblich beeinflussen, so kann man zu einer Bestätigung der Theorie nur gelangen, wenn man zu größeren Wellenlängen übergeht, bei denen die molekularen Schwingungen nicht mehr störend wirken. So zeigt sich in der Tat Platin, wie oben erwähnt, sehr durchlässig für ultrarote Strahlen, was seinem geringen Leitvermögen entspricht. Das Gleiche gilt für Wismut, das im Rot kaum $\frac{1}{1000}$, bei 4μ schon 10% der Strahlung hindurchläßt. Zur weiteren Untersuchung des Reflexionsvermögens im Bereich großer Wellen benutzten die Verff. die frühere Methode; nur wurden alle Linsen durch versilberte Hohlspiegel ersetzt, und an Stelle des Quarzprismas trat für $1 - 8 \mu$ ein Flußspatprisma, für 8 bis 14μ ein Sylvinprisma. Es zeigte sich, daß das Reflexionsvermögen R der verschiedenen Metalle (das im ultravioletten und sichtbaren Gebiet großen Schwankungen ausgesetzt ist) mit wachsender Wellenlänge dem Werte $R = 100\%$ zustrebt, ferner, daß die Reihenfolge der Metalle, nach ihrem Reflexionsvermögen geordnet, stets dieselbe bleibt. Das zeigt sich noch deutlicher für den Wert $100 - R$, d. i. den Betrag der in die Metalle eindringenden Intensität. Ist ferner k die elektrische Leitfähigkeit des betreffenden Metalls, so zeigte sich, der elektromagnetischen Lichttheorie entsprechend, $(100 - R) \cdot \sqrt{k}$ als konstant; für $\lambda = 12 \mu$ war dieser Ausdruck bei allen untersuchten Metallen (mit Ausnahme von Wismut und Magnalium) im Mittel = 11,1. „Die eindringenden Intensitäten im Gebiet langer Wellen verhalten sich also umgekehrt wie die Wurzeln aus dem elektrischen Leitvermögen.“

Aus der Maxwellschen Theorie haben Drude und Planck eine einfache Beziehung zwischen dem Reflexionsvermögen und dem elektrischen Leitvermögen abgeleitet für den Fall, daß die Eigenschwingung der Moleküle nicht mehr von Einfluß ist. (Drude, *Physik des Äthers* 1894 S. 574; Berl. Akad. Ber. 1903 S. 278.) Es ist nämlich das Reflexionsvermögen

$$R = 1 - \frac{2}{\sqrt{\lambda \tau}} = 1 - 2 \sqrt{\omega \cdot n},$$

wo λ die galvanische Leitfähigkeit, ω den Ohmschen Widerstand in absolutem elektrostatischen Maß, τ die Schwingungsdauer, n die Schwingungszahl der Strahlengattung darstellt. Aus dieser Formel berechneten HAGEN und RUBENS, indem sie auf das elektromagnetische Maßsystem übergingen und $n = 2,5 \cdot 10^{13}$ setzten, ihren Ausdruck $(100 - R) \cdot \sqrt{k}$ und fanden den Wert 10,2, der mit dem experimentell gefundenen ziemlich gut übereinstimmt. Die Übereinstimmung ist noch besser, wenn man die Rechnung für Strahlen von wesentlich größerer Wellenlänge ($25,5 \mu$) durchführt. Da sich das Reflexionsvermögen der Metalle für große Wellen — wegen der asymptotischen Annäherung an 100% — schwer bestimmen läßt, untersuchten HAGEN und RUBENS die Wärmeemission der Metalle für jene Wellen, die nach dem Kirchhoffschen Gesetz der Größe $100 - R$ direkt proportional ist. Zu dem Zwecke wurde für eine bestimmte Temperatur die Strahlung der zu untersuchenden Metallplatten mit der Strahlung eines absolut schwarzen Körpers verglichen. Die Platten, bzw. der „schwarze Körper“ (ein geschwärzter Kupferhohlkörper) wurden in die Seitenflächen eines viereckigen

Kupferkastens eingesetzt; in dem Kasten befand sich Anilin, das durch eine Heizspirale aus Konstantanband auf 170° gehalten wurde. Die von den Platten ausgehende Gesamtstrahlung ging durch ein Wasserdiaphragma und wurde nach einander von drei bzw. vier Flußspatflächen reflektiert; die so ausgesonderte Reststrahlung von etwa $25,5 \mu$ (*d. Ztschr. X 99*) wurde dann durch einen versilberten Hohlspiegel auf eine Thermosäule konzentriert. Wegen der verschiedenen Dimensionen der Metallplatten und des schwarzen Körpers wurden die Strahlungen beider nicht direkt mit einander, sondern mit der einer kleinen Glasplatte verglichen. Bei Quecksilber wurde die Anordnung etwas abgeändert. Die Beobachtungen wurden für 12 verschiedene Metalle und drei Legierungen angestellt. Die für die einzelnen Metalle (mit Ausnahme des Wismuts) erhaltenen Werte von $C = (100 - R) \cdot \sqrt{k}$ schwanken innerhalb viel engerer Grenzen als bei der Wellenlänge von 12μ ; für die Metalle war C im Mittel = 7,33, für Legierungen 7,25, während der für $25,5 \mu$ berechnete Wert 7,23 ist. Ein Einfluß der magnetischen Eigenschaften von Eisen und Nickel auf diese Strahlen war nicht festzustellen.

Das Emissionsvermögen $100 - R$ zeigte auch die von der Maxwell'schen Theorie wegen der Widerstandsänderung der Metalle geforderte Abhängigkeit von der Temperatur. Man kann daher aus Emissionsversuchen die Größe und Richtung der Widerstandsänderung mit der Temperatur berechnen. Bei den Versuchen wurde nach der von Holborn und Kurlbaum angegebenen Methode (*d. Ztschr. XV 165*) die Strahlung eines glühenden Platinblechs mit der eines gleich temperierten schwarzen Körpers verglichen. Es ergab sich eine gute Übereinstimmung zwischen den berechneten und beobachteten Emissionswerten des Platinblechs; um einige Zahlen anzuführen, waren bei 170° der berechnete Emissionswert des Platinblechs 6,8, der beobachtete 6,6; bei 600° waren diese Werte 78,9 bzw. 79,6, bei 1500° 191 bzw. 189,5. Diese gute Übereinstimmung führt zu der Annahme, daß auch die übrigen optischen Konstanten mit den aus der Maxwell'schen Theorie berechneten übereinstimmen werden. So läßt sich der Extinktionskoeffizient g der dem Brechungsindex ν für normale Inzidenz gleich ist, aus der Beziehung $g = \nu = \frac{200}{100 - R}$ berechnen. Ferner geht in die theoretische Berechnung der Konstante C außer Zahlenfaktoren nur die Lichtgeschwindigkeit und die Wellenlänge ein, die durch Strahlungsversuche ermittelt werden können. Dividiert man das Emissionsvermögen eines Metall's für die Wellenlänge λ durch C und quadriert den Quotienten, so erhält man, wie die Drude-Plancksche Formel erkennen läßt, das elektrische Leitvermögen eines Drahtes von 1 m Länge und 1 qmm Querschnitt in Ohm. Es lassen sich also durch bloße Strahlungsmessungen absolute elektrische Maßbestimmungen ausführen.

Schek.

Strahlenfilter für ultraviolette Licht hat R. W. Wood hergestellt (*Phil. Mag. 5, 257; Phys. Zeitschr. 4, 337; 1903*). Die Substanz, welche jene Wirkung hervorruft, ist das Nitroso-Dimethylanilin. Eine verdünnte Lösung davon in Glyzerin oder eine mit derselben gefärbte Gelatinschicht absorbiert die Strahlen zwischen $0,5 \mu$ und $3,7 \mu$ sehr stark und läßt sonst alles hindurch bis zu der letzten Kadmiumlinie bei 2μ . Sehr dichtes Kobaltglas, das mit einem dünnen Nitroso-Gelatinfilm überzogen war, ließ nur das äußerste Rot und das Ultraviolett durch; das Rot wurde durch eine dünne Scheibe von „Signalgrünglas“ entfernt. Ein mit jener Substanz gefärbter Gelatinfilm auf einer Quarzplatte ließ Strahlen unter $2,314 \mu$, eine Glyzerinlösung bis zu $2,147 \mu$ hindurch. Das gefärbte Glas läßt man oft besser weg, da die Intensität der ultravioletten Strahlung dadurch auch verringert wird. Eine Gasflamme ist, durch einen solchen Schirm gesehen, unsichtbar. Bringt man den Schirm in den Strahlengang einer elektrischen Bogenlampe, so kann man durch große Kondensorlinsen einen dunklen Brennpunkt von ultraviolettem Licht erzeugen, in welchem ein Fläschchen mit Urannitrat lebhaft grün, wie ein großer Smaragd aufleuchtet. Die Schirme ermöglichen es, die ultravioletten Linien in Gitterspektren höherer Ordnung zu photographieren, ohne daß diese durch die darüber liegenden sichtbaren Strahlen gestört werden.

Der Verf. reproduziert das ultraviolette Kadmium- und das Eisenspektrum, die mit einem Konkavgitter entworfen wurden. Für photographische Zwecke wurde auch ein Schirm

hergestellt, der aus einem Gelatinfilm auf Glas bestand, der mit einer Mischung von Nitroso-Dimethylanilin und Uranin gefärbt war. Eine gewöhnliche (nicht orthochromatische) photographische Platte liefert dann ein allein mit ultraviolettem Licht aufgenommenes Bild. In dieser Weise hergestellte Mondphotographien zeigen scharfe Kontraste zwischen den hellen und dunklen Partien; bei Landschaften fehlen die Gegensätze außer zwischen weißen und nicht weißen Gegenständen. In einem mit ultraviolettem Licht aufgenommenen Bilde fehlen ferner beinahe gänzlich die Schatten, auch wenn die Aufnahme im hellen Sonnenschein stattfindet; es geht daraus hervor, daß die ultraviolette Strahlung hauptsächlich vom Himmel herröhrt.

Ein anderes geeignetes Strahlenfilter für ultraviolette Licht beschreibt D. A. GOLDHAMMER (*Phys. Ztschr.* 4, 413; 1903). Eine 5 cm dicke Schicht von gesättigter Kobaltsulfatlösung läßt alle Strahlen von der Linie *H* bis zum Ende des ultravioletten Spektrums, außerdem noch etwas Rot hindurch. Eine gesättigte Lösung von Nickelsulfat absorbiert Rot, Blau und Violett bis etwa $0,39\text{ }\mu$. Eine in Bezug auf beide Salze gesättigte Lösung *J* wurde nun mit dem dreifachen Volumen Wasser verdünnt und gab die Flüssigkeit *A*. Letztere gibt ein prachtvolles ultraviolettes Spektrum, läßt aber noch etwas Orange und Blau hindurch. Das Blau wird durch Hinzufügen einer genügenden Menge der gesättigten Lösung *J* zum Verschwinden gebracht, das Orange ebenso durch Hineintröpfeln einer sehr verdünnten Lösung von Hoffmannsviolett. Diese in einem Quarzgefäß erhaltene Flüssigkeit ist fast schwarz, läßt aber mehr ultraviolette Strahlen hindurch als *J*. Mit derselben ließen sich alle Vorlesungsversuche über ultraviolette Strahlen sehr gut ausführen.

Eine andere Methode, um nur ultraviolette Strahlen zu erhalten, besteht nach GOLDHAMMER darin, daß man zwei Quarzprismen so hintereinander aufstellt, daß sie wie eine planparallele Platte wirken, und dann das zweite vorsichtig so verschiebt, daß nur ultraviolette Strahlen hindurchgehen. Bei Abblendung der sichtbaren Strahlen erhält man auf einem Fluoreszenzschirm ein von den ultravioletten Strahlen erzeugtes Spaltbild.

Einen sehr geeigneten Fluoreszenzschirm beschreibt der Verf. im Anschluß an ein früher schon in *Wied. Beibl.* 23, 386 veröffentlichtes Rezept. 1 g Urannitrat wird mit 4 g heißem Wasser in einem Porzellantiegel aufgelöst und $1\frac{1}{2}$ g Ammoniumfluorid beigegeben, worauf das Ganze einige Minuten aufgekocht wird. Dabei bildet sich (im Gegensatz zu der früheren Angabe) ein Niederschlag, der, mit Gummiarabicum auf Papier aufgetragen, nach dem Austrocknen eine Fluoreszenz zeigt, die die des Ba-Pt-Cyanürschirms erheblich übertrifft. Für Röntgenstrahlen ist die Wirkung des neuen Schirms eine weniger gute. Schk.

Zur elektrischen Entladung. Eine Beeinflussung des elektrischen Funkens durch Elektrisierung fand E. LECHER (*Ann. d. Physik* 9, 442; 1902). Die Sekundärspirale eines Induktoriums wurde durch nasse Schnüre mit dem einen Pol einer Influenzmaschine verbunden und durch diese geladen; die nassen Schnüre dienten zum Ausgleich der Potentialschwankungen der Maschine. Werden die Elektroden des Rühmkorff über die Schlagweite auseinandergezogen, so beobachtet man bei gleichzeitigem Betrieb von Influenzmaschine und Rühmkorff, sobald die Sekundärspirale mit dem positiven Pol der Maschine verbunden ist, eine auffallende Verstärkung der durch Rühmkorffentladung erzeugten Büschel, dagegen ein vollständiges Verschwinden dieser Büschel, wenn die Sekundärspirale negativ elektrisiert ist. Bei Näherung der Elektroden treten bei positiver Elektrisierung der Anode zahlreiche Büschel auf, die dann plötzlich in einen Funken übergehen; wird negative Elektrizität zugeführt, so löscht der gerade entstandene Funke sicher aus. Hierbei nimmt man am besten eine stumpfe Spitze zur Anode, eine Kugel zur Kathode. Sind beide Elektroden Kugeln, so wird der Funke sowohl durch positive als durch negative Elektrisierung verstärkt. Ähnliche Erscheinungen beobachtete man bei Benutzung eines Wehnelt-Unterbrechers. Hier war noch bemerkenswert, daß ein durch Zufuhr positiver Elektrizität „angezündeter“ Funke durch Annäherung einer mit der Erde verbundenen Spitze (Bleistift) ausgelöscht, ein durch negative Elektrisierung ausgelöschter Funke durch eine solche Spitze angezündet werden konnte. Aus den Versuchen geht hervor, daß „die Elektrisierung einer Funkenstrecke, welche

die Potentialdifferenz der Elektroden gegenüber dem Dielektrikum ändert, auf die auftretenden Lichterscheinungen von großem Einflusse ist.“

Eine ähnliche Wirkung beobachtete M. CANTOR, wenn er den Funken eines Induktoriums innerhalb eines elektrostatischen Feldes überschlagen ließ (*Ann. d. Physik* 9, 454 (1902); 10, 214 (1903)). Die Funkenstrecke befand sich innerhalb eines Messingzyinders, der durch Verbindung mit einer Leydener Batterie geladen werden konnte. Wenn der Funke unter gewöhnlichen Umständen gerade nicht mehr überging, setzte er sofort ein, sobald der Messingzyylinder geladen wurde, und erlosch, wenn die Ladung zur Erde geleitet wurde. Eine andere Versuchsanordnung war der Lecherschen ähnlich, indem der ganze, isoliert aufgestellte Induktionsapparat mit der inneren Belegung einer durch eine Influenzmaschine geladenen Leydener Batterie verbunden wurde. Waren durch diese die 7,5 mm von einander entfernten Elektroden negativ geladen, so setzte der Funke ein und erlosch bei der Entladung wieder; dasselbe trat bei positiver Ladung erst mit einer Funkenstrecke von 10,5 mm ein. Die Erscheinung wurde noch deutlicher, wenn statt des Induktoriums eine große Influenzmaschine benutzt wurde. Auch mit rasch oszillierenden Feldern konnte man Ähnliches beobachten. Zur Herstellung derselben benutzte der Verf. die von BRAUN für drahtlose Telegraphie angegebene Anordnung (vergl. *ds. Zeitschr. XIV*, 353). Außer einigen anderen Versuchen wurde hier der die Drahtschwingungen enthaltende Draht mit einer Kupferscheibe eines Kondensators verbunden, dessen andere Scheibe mit dem Knopf eines Elektroskops verbunden war. Eine positive Ladung des Elektroskops blieb unter dem Einfluß der Schwingungen bestehen, eine negative Ladung wurde dagegen rasch zerstreut. — Die Versuche haben große Ähnlichkeit mit der Auslösung elektrischer Funken durch ultraviolettes Licht.

Schk.

Magnetische Doppelbrechung. Bei Wiederholung der Versuche von QU. MAJORANA über magnetische Doppelbrechung (*ds. Zeitschr. XVI* 109) machte SCHMAUSS eine Beobachtung, durch die sich jene Erscheinung sehr bequem demonstrieren läßt. (*Ann. d. Phys.* 10, 658; 1903). Er brachte eine konzentrierte Lösung von Bravaiseisen in einem 1 cm breiten Troge zwischen die Pole eines Elektromagneten von 10000 C.G.S.-Einheiten und ließ senkrecht zu den Kraftlinien ein linear polarisiertes Bündel Lichtstrahlen, dessen Polarisationsebene unter 45° gegen die Kraftlinien geneigt war, hindurchgehen. Während die Lösung vor Erregung des Feldes den bekannten Anblick eines trüben Mediums bietet, sieht man nach Erregung des Feldes senkrecht zu den Lichtstrahlen und unter 45° gegen die Kraftlinien eine Anzahl paralleler, dunkler von farbigen Säumen begrenzter Streifen, deren Lage und Entfernung mit Änderung der Feldintensität auch geändert wird. Die Erscheinung beruht auf der Tatsache, daß die Intensität des von trüben Medien senkrecht zum durchgehenden Strahle diffus reflektierten Lichts von der Lage der Polarisationsebene jenes Strahles abhängt, diese Polarisationsebene aber infolge der Doppelbrechung ihre Lage mit der Eindringungstiefe des Strahls fortwährend ändert. Die Theorie zeigt, daß man senkrecht oder parallel zu den Kraftlinien keine Streifen, unter 45° zu jenen so viel Streifen beobachten muß, als der Gangunterschied der beiden Strahlenkomponenten in ganzen Wellenlängen beträgt; daß ferner senkrecht zu der letzten Richtung zu den vorigen komplementäre Streifen auftreten müssen. Das Auftreten farbiger Ränder bei Anwendung weißen Lichts zeigt, daß auch die magnetische Doppelbrechung für die einzelnen Farben verschieden ist.

Weitere Untersuchungen führten den Verf. zu einer von QU. MAJORANA abweichenden Erklärung der magnetischen Doppelbrechung (*Ann. d. Phys.* 12, 186). Er beobachtete zunächst, daß sich die Doppelbrechung dauernd erhielt, wenn man die anfangs flüssige Lösung durch Zusatz von Gelatine im Magnetfelde allmählich erstarren ließ. Ebenso ließ sich die Doppelbrechung fixieren, wenn man die Lösung von Bravaiseisen auf einer Glasplatte im Magnetfelde eintrocknen ließ. Es zeigte sich ferner, daß die Doppelbrechung Zeit braucht, um in einer gelatinösen Lösung in voller Stärke zu erscheinen. Andererseits verschwand die Eigenschaft der Doppelbrechung, wenn man die gelatinöse Lösung außerhalb des Feldes erstarren ließ. Alle diese Tatsachen sprechen für eine Erklärung der magnetischen Doppel-

brechung durch suspendierte Teilchen, die durch das Magnetfeld gerichtet werden. Diese Anschauung findet eine weitere Stütze in der Beobachtung, daß die ursprünglich stark negative Doppelbrechung der Bravaisschen Lösung mit steigender Temperatur abnimmt, bei einer bestimmten Temperatur verschwindet und dann positiv wird. Das erinnert an das Verhalten gewisser aus magnetischen und diamagnetischen Substanzen gemengter Stoffe, deren magnetische Eigenschaften sich bei steigender Temperatur durch verschiedene starke Abnahme des Magnetismus gerade umkehren können. Von dem gleichen Gesichtspunkt läßt sich auch die von Majorana beobachtete Änderung des Sinnes der Doppelbrechung bei einer bestimmten Feldstärke betrachten.

Schk.

Optische Resonanz. Wie in d. Zeitschr. XV 232 berichtet wurde, hatte R. W. Wood an körnigen Niederschlägen der Alkalimetalle im durchgehenden Licht glänzende Farben beobachtet, die er auf eine elektrische Resonanz der kleinen Teilchen für Lichtwellen zurückführte. Weitere Untersuchungen des Verf. bestätigten diese Auffassung, indem sie gleichzeitig die Erklärung jener Erscheinung durch Interferenz oder Beugung als unmöglich erwiesen (*Phil. Mag.* Vol. 4, 425; 1902; Vol. 6, 259; 1903). Wood stellte durch Kathodenzerstäubung Niederschläge von Gold her, deren Farbe von der Entfernung der Goldkathode und von dem Vakuum abhing. Unter gewissen Bedingungen war der Niederschlag grün, wie bei einem Goldblatt, unter anderen blau, violett oder purpurfarben. Die letzteren Farben änderten sich durch Benetzung mit Ligroin. Eine mikroskopische Beobachtung der Körnchen gelang zunächst nicht; doch wurden bei einem mit dem Diamanten gezogenen Striche zahlreiche Körnchen von derselben Größe wie die früher entdeckten Natriumteilchen gefunden. Ein Goldfilm zeigte sich im durchgehenden Licht purpur, im auffallenden Licht glänzend grün; ein anderer hatte Stellen von Karminrot, Tiefblau und Grün in einer Intensität und Sättigung, wie sie keine Interferenzerscheinung zeigt. Die Farbe des selektiv reflektierten Lichtes hängt etwas vom Einfallswinkel ab, indem sie mit wachsendem Winkel von Grün in Blau übergeht. Das dem reflektierten Licht beigemischte Weiß kann mittels eines Nikols abgehalten werden; das gefärbte Licht erscheint dann außerordentlich hell. Befindet sich die Glasplatte, auf der der Niederschlag erzeugt wird, dicht an der Goldkathode (Golddraht), so ändern sich die Farben mit der Entfernung von der Kathode, indem in größerer Entfernung immer größere Teilchen niedergeschlagen werden. In der Mitte ist ein rein grüner Niederschlag, um diesen herum erscheint der Film im durchgehenden Lichte hellgelb, im reflektierten Lichte bläulich; in weiterer Entfernung ist die erstere Farbe purpur, die zweite grün, dann wird jene rot, diese blau. Durch Erwärmung können alle diese Färbungen verändert und zuletzt in das strukturlose Grün umgewandelt werden. Die kleinen Resonatoren schmelzen dabei zu größeren zusammen, was durch Verringerung des elektrischen Widerstandes bestätigt wird. Daß es sich um eine Resonanzerscheinung handelt, wird auch dadurch bestätigt, daß bei Benetzen der Schicht mit einer Flüssigkeit von hoher Dielektrizitätskonstante die Farben des durchgehenden Lichtes sich wesentlich ändern, entsprechend einer Verschiebung des Absorptionsstreifens gegen das rote Ende des Spektrums.

Wood gelang es, gefärbte Filme in prismatischer Form herzustellen; er fand, daß sie anomale Dispersion zeigen für Wellen, die länger oder kürzer sind als die nicht durchgelassenen, eine Erscheinung, die von Garbasso und Aschkinass auch für elektrische Wellen an Stanniolresonatoren beobachtet wurden. Er erhielt ferner farbige Filme von Magnesiumniederschlägen im Vakuum und durch Kathodenzerstäubung des Selens. Ein besonderes Interesse gewährten die aus wässerigen Silberlösungen niedergeschlagenen farbigen Schichten. Um diese herzustellen, muß die Glasplatte mit etwas Gelatine abgerieben werden; die Platte wird dann erhitzt, mit der Silberlösung übergossen und rasch getrocknet. Die so erhaltenen Filme sind wundervoll rot wie dickes Rubinglas mit einigen tief blau-violetten Flecken wie Kobaltglas. Der Verf. erhielt Filme von so tiefem Rot, daß eine Gasflamme dadurch kaum sichtbar war. Durch Erwärmung konnte das Rot in Purpur und Blau verwandelt werden. Eigentümliche Absorptionserscheinungen zeigten sich, wenn man die Silberfilme im polarisierten Licht bei schräger Inzidenz untersuchte.

Von anderen Forschern sind die Versuche Woods bestätigt und erweitert worden. J. KOSSONOGOFF stellte Schichten von Gold, Platin, Silber, Kupfer sowohl durch Kathodenzerstäubung, als dadurch her, daß er sehr verdünnte Lösungen eines Salzes der betreffenden Metalle auf stark erhitzten Spiegelplatten zerstäubte (*Phys. Zeitschr.* 4, 208 und 258; 1903). Alle Niederschläge zeigten körnige Struktur; die Körnchen hatten einen Durchmesser von $0,2\text{ }\mu$ bis $0,5\text{ }\mu$. Die Farbe der Schichten war stets abhängig von der Größe der Körnchen und ihrer gegenseitigen Verteilung. Die Schichten von Gold, Silber, Kupfer waren im reflektierten Licht blauviolett, blaugrün, gelbgrün, rot, im durchgelassenen Licht bzw. grün, gelbgrün, blauviolett, violett. Bei Erhitzung oder Abkühlung nahm dieselbe Schicht eine verschiedene Farbe an. Alle Schichten wechselten die Farbe beim Anfeuchten mit Alkohol, Äther, Paraffin oder Benzin in eine Farbe von größerer Wellenlänge. Platin niederschläge zeigten, wie bei Wood, zunächst keine Farben, doch beobachtete der Verf. mittels eines guten Mikroskopes außerordentlich kleine Körnchen, die also nur Wellen von sehr geringer Länge zu reflektieren vermögen. Durch starkes, andauerndes Erhitzen werden die Platin-körnchen größer und man beobachtet dann auch eine tiefblaue Farbe der Platin-schicht im reflektierten Lichte. Im allgemeinen ließ sich von jedem der untersuchten Metalle durch zweckmäßiges Verfahren eine Schicht von beliebiger Farbe herstellen. Schichten von Eosin und Fuchsin zeigten dasselbe Verhalten wie jene von Metallen, doch gelang hier nur die Herstellung je einer Farbe.

Die Ursache der Färbung der Schmetterlingsflügel führt KOSSONOGOFF ebenfalls auf optische Resonanz zurück. Jede Schuppe der Flügel zeigt eine Reihe paralleler Rippen und zwischen diesen Rippen runde Körnchen in großer Anzahl und regelmäßiger Verteilung. Die Größe dieser Teilchen ist von der Größenordnung der Lichtwellen und verschieden, je nach der Farbe der betreffenden Schuppe. Es gelang dem Verf., diese Größe vermittelst eines Fuessschen Mikroskops zu messen. Um hier einige Beispiele zu geben, zeigten rote Schuppen eine Körnchengröße von durchschnittlich $0,796\text{ }\mu$, orange eine solche von $0,616\text{ }\mu$, grüne $0,507\text{ }\mu$, violette $0,409\text{ }\mu$, schwarze $0,3569$ — $0,3598\text{ }\mu$. Die Größe der Körnchen stimmt merkwürdig gut mit der Wellenlänge der Farbe an der untersuchten Stelle des Flügels überein; die Körnchen der schwarzen Schuppen zeigen kleinere Dimensionen, als die Wellenlängen des sichtbaren Spektrums. Die auf den Schuppen liegenden Körnchen reflektieren daher infolge optischer Resonanz je nach ihrer Größe das Licht einer bestimmten Farbe. Bei Benetzung der Flügel mit einer Flüssigkeit von hoher Dielektrizitätskonstante änderte sich die Farbe nicht; die Körnchen bestehen daher wohl aus einer dielektrischen Substanz. Im Anschluß an diese Beobachtungen spricht der Verf. die Vermutung aus, daß auch bei den gewöhnlichen Körperfarben die optische Resonanz eine entscheidende Rolle spielen dürfte.

Ähnliche Farbenerscheinungen, wie sie Wood und Kossenogoff an körnigen Schichten wahrnahmen, wurden von A. BOCK an dem von R. v. Helmholtz seiner Zeit studierten Dampfstrahl beobachtet (*Phys. Zeitschr.* 4, 339 u. 404; 1903). Wasserdampf, der aus einer 1,7 mm weiten Röhre unter 100 mm Hg-Druck ausströmt, kann dadurch, daß man Luft mit etwas Säure hineinbläst, beliebig gefärbt werden. Man beobachtet den Dampfstrahl am besten gegen ein hohes Fenster, dessen unterer Teil verhängt ist, bei bedecktem Himmel. In einer Vorlage befand sich zunächst etwa 20 ccm Säure; wurde diese mit Luft in den Dampfstrahl hineingeblasen, so erschien er azurblau bis violett. Die Säure wurde dann fortgesetzt mit je 1 ccm Wasser verdünnt, sodaß sich aber stets 20 ccm in der Vorlage befanden. Mit der Verdünnung änderten sich die Farben, indem der Strahl dann grünlich, gelb, rot, mit allen Übergangsfarben erschien. Quantitative Messungen ergaben, daß die relativen Konzentrationen (die Konzentration für blaues Licht = 1 gesetzt) sich verhielten, wie die reziproken Werte der Wellenlängen der vom Dampfstrahl selektiv reflektierten Lichtwellen. Beim natürlichen Dampfstrahl beobachtet man auch verschiedene Farbenzonen, indem die Kügelchen von der Ausströmungsöffnung ab immer größer werden, was auf der Änderung des Dampfdruckes beruht. Leitet man den Säureluftstrom auf eine bestimmte Farbenzone, so wird

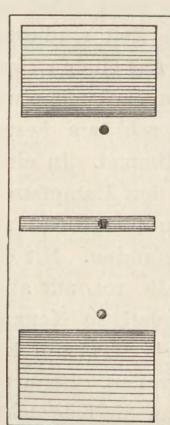
der ganze Strahl danach gefärbt. Die Säure wirkt mithin durch Erniedrigung der Dampfspannung konservierend auf die Tropfen, indem bei jeder Konzentration eine bestimmte Tropfengröße am Verdampfen gehindert wird. Auf indirektem Wege gelang es dem Verf. für eine Farbe des Dampfstrahls die Tropfengröße zu bestimmen. Es ergab sich, daß der Durchmesser der Tröpfchen von der Ordnung der Wellenlänge derjenigen Lichtart ist, die er selektiv reflektiert. Wassertröpfchen mit Durchmesser von der Größenordnung einer Lichtwellenlänge λ liefern daher bei diffuser weißer Beleuchtung optische Resonanz, indem dieselben nur Licht von der Wellenlänge λ reflektieren.

Blickt man durch die Dampfwolke hindurch auf eine elektrisch beleuchtete, hochpolierte Stahlkugel, so beobachtet man prächtige Farbenringe. Aus dem Durchmesser und der Wellenlänge der Farbe eines Ringes wurde der Radius der Nebeltröpfchen bestimmt; er nimmt von 0,0034 mm bis 0,0046 mm zu. Durch Einblasen von Säure wandern die Ringe und werden größer. Aus Versuchen, die der Verf. bei verschiedener Färbung des Dampfes mit vorgesetzten Farbengläsern anstellte, ergab sich, daß bei der letzten Anordnung so lange erkennbare Diffraktionserscheinungen auftreten, als der Tropfendurchmesser größer ist als λ ; wird derselbe $= \lambda$, so tritt optische Resonanz ein, werden die Tropfen kleiner, so werden sie unsichtbar.

War der Dampf durch konzentrierte Säure im Tageslicht azurblau und man sandte ein konzentriertes Bündel paralleler, verschiedenfarbiger Strahlen hindurch und beobachtete durch ein Nikol senkrecht zum einfallenden Lichtstrahl, so zeigte sich, daß rote, gelbe und grüne Strahlen polarisiert, blaue und violette dagegen nicht polarisiert waren. Es werden also in diesem Falle senkrecht zum einfallenden Lichtstrahl Wellen reflektiert, deren Länge größer ist als der Tröpfchendurchmesser; diese sind senkrecht zum einfallenden Strahl polarisiert. Die Strahlen, deren Wellenlänge gleich dem Tropfendurchmesser sind, erregen Resonanz und sind, ebenso wie die von noch kleinerer Wellenlänge, nicht polarisiert.

Schk.

Kathodenstrahlen. Aus dem von Gehrke nachgewiesenen Geschwindigkeitsverlust, den die Kathodenstrahlen bei einer Reflexion erleiden (d. Zeitschr. XV 98) konnte man einen Schluß ziehen auf eine ähnliche Verminderung ihrer Geschwindigkeit beim Durchgang durch dünne Metallblättchen. Seitz hatte eine solche allerdings nicht wahrnehmen können (a. a. O. S. 99). Dagegen gelang es LEITHÄUSER, diese Verminderung sehr deutlich nachzuweisen (Berl. Akadem. Ber. 1902, S. 267). Er benutzte eine der Gehrkeschen ähnliche Methode. Die Kathodenstrahlen gingen durch eine kreisförmige Blende, dann durch einen mit zweifacher Aluminiumfolie belegten Schlitz in einem Metallschirm. In das Aluminiumblatt war ein kreisförmiges Loch gebohrt. Man erhält dann auf dem am Ende der Vakuumröhre befindlichen Fluoreszenzschild einen 3 mm breiten, 30 mm langen Streifen,



in dessen Mitte sich ein heller, kreisförmiger Fleck befindet; die Strahlen des Streifens hatten das Aluminium passiert, die des runden Fleckes nicht. Wurde nun das Magnetfeld erregt, so beobachtete man, wie der von den direkten Strahlen herrührende runde Fleck ohne Veränderung abgelenkt, der von den durch die Folie gegangenen Strahlen herrührende Streifen dagegen zu einem magnetischen Spektrum verbreitert wurde, dessen Bogen von der Potentialdifferenz zwischen Anode und Kathode abhing. Die Ablenkung des Flecks war bei 12000 Volt kleiner als die Ablenkung der Unterkante des Spektrums. In der Figur sieht man die bei Umkehrung des Magnetfeldes eintretende Ablenkung nach beiden Seiten. Die Helligkeit des magnetischen Spektrums nimmt nach der Seite der größeren Ablenkung hin ab. Aus der Größe der Ablenkung erkennt man, daß die durch die Aluminiumfolie hindurchgegangenen Strahlen eine erheblich geringere Geschwindigkeit besitzen als die direkten; einige zeigen die doppelte Ablenkbartigkeit, also die halbe Geschwindigkeit der direkten Strahlen.

Die Leithäuserschen Beobachtungen fanden eine Bestätigung in den Untersuchungen von DES COUDRES über die Beeinflussung der Kathodenstrahlen durch Lenardsche Fenster (*Phys. Zeitschr. 4, 140; 1902*). Die aus einem Aluminiumfenster nach allen Richtungen austretenden Strahlen trafen auf einen halbkreisförmigen Kupferschirm, in dem sich kleine Löcher befanden; durch diese wurden Strahlen unter verschiedenen Winkeln ausgesondert, die dann auf einen ebenfalls halbkreisförmig gestellten photographischen Film trafen. Durch eine das Ganze umgebende Drahtspule konnte zwischen Schirm und Film ein sehr gleichmäßiges Magnetfeld hergestellt werden. Während ohne dieses auf dem Film deutliche Lochbildchen erschienen, bildeten sich bei Erregung des Feldes magnetische Spektren, die nach innen scharf begrenzt, nach außen verwaschen waren. Die Intensität der von dem Fenster nach verschiedenen Richtungen ausgesandten Strahlen folgt nicht dem Kosinusgesetz, sondern nimmt bei wachsendem Winkel rascher ab. Je dünner die Fensterfolie ist, um so mehr überwiegen die wenig von der Normalen abweichenden Strahlen. Die senkrecht aus dem Fenster austretenden Strahlen haben eine größere Geschwindigkeit als die schief austretenden; der Unterschied ist bei dünneren Fenstern größer als bei dickeren.

In den letzteren Arbeiten ist die Inhomogenität der reflektierten wie der durchgelassenen Strahlen immer auf eine Geschwindigkeitsänderung zurückgeführt worden. Es wäre indessen auch nicht ausgeschlossen, daß die verschiedene Ablenkarkeit der Strahlen auf einer Änderung des Verhältnisses e/m (Ladung: Masse) beruhte. Um dieses festzustellen, untersuchte STARKE das Verhältnis e/m für reflektierte oder durch Metallblättchen hindurchgegangene Strahlen (*Verhld. d. Dtsch. Physik. Ges. 1903, S. 14*). Er benutzte dazu die von Kaufmann für Becquerelstrahlen eingeführte Methode, gleichzeitig in zwei aufeinander senkrechten Richtungen eine elektrische und eine magnetische Ablenkung zu bestimmen; bei inhomogener Strahlung erhält man dann auf einer photographischen Platte eine Kurve, aus deren Verlauf man e/m und v berechnen kann. Die Kurven wurden mit Zirkel und fein geteiltem Lineal direkt ausgemessen. Der Verf. gibt die zur Berechnung nötigen Größen, wie sie nach Reflexion der Strahlen an einem Kupferreflektor und beim Durchgang durch 0,002 dicke Aluminiumfolie bestimmt wurden. Es zeigte sich, daß die Größe e/m dadurch nicht verändert wird, daß mithin die Inhomogenität der Strahlen allein auf einer Geschwindigkeitsänderung beruhen muß.

Die Tatsache, daß zur Erzeugung von Kathodenstrahlen stets Metallelektronen benutzt werden, läßt die Frage entstehen, ob die Fähigkeit, Strahlen auszusenden, vielleicht mit diesem Elektrodenmaterial zusammenhängt oder davon unabhängig ist. Um dieses zu entscheiden, nahm E. BOSE Kathoden von Metalloiden und Elektrolyten (*Ann. d. Physik 9, 1065; 1902*). Es zeigte sich, daß auch die Metalloide Selen und Tellur in ihren metallisch leitenden Modifikationen im stande sind, als Kathoden in Vakuumröhren Kathodenstrahlen auszusenden. Dagegen gab elektrolytisch hergestelltes Bleisuperoxyd keine Kathodenstrahlen; sie traten erst auf, als es oberflächlich reduziert war. Elektrolyte, deren Dampfdruck klein genug ist für ein gutes Vakuum, senden ebenfalls durchweg Kathodenstrahlen aus. Der Verf. untersuchte Elektrolytglühkörper, konzentrierte Schwefelsäure, Phosphorsäure, erstarrte Lösungen von Ätzkali, Atznatron und Chlortcalcium in Wasser: alle gaben deutliche Kathodenstrahlen. In dieselbe Kategorie dürften auch die in elektrodenlosen Röhren durch Teslaentladungen entstehenden Kathodenstrahlen gehören, die dort von der Glaswand, die auch als Elektrolyt zu betrachten ist, ausgehen.

Nach den Untersuchungen Goldsteins werden viele Salze durch Kathodenstrahlen gefärbt, verlieren diese Färbung aber wieder im Licht. Selbst das durch Kathodenstrahlen geschwärzte Bromsilber und Chlorsilber wird durch Bestrahlung von Sonnenlicht und diffusem Tageslicht, ersteres in kürzerer, letzteres in längerer Zeit regeneriert (*Verhld. d. Dtsch. Phys. Ges. 1901, S. 182*). Zur Ergänzung dieser Untersuchungen dienen einige Beobachtungen, welche L. ZEHNDER an gewöhnlichen photographischen Schichten machte (a. a. O. 1903, S. 35). Danach sind die Wirkungen der Kathodenstrahlen auf solche Schichten

durchaus verschieden von der Wirkung der Lichtstrahlen. Celloidinpapier wird durch Kathodenstrahlen braun, im Tageslicht violett. Das von Kathodenstrahlen getroffene Papier ist für Licht fortan weniger empfindlich und bleibt an solchen Stellen bei Belichtung heller als an Stellen, die den Kathodenstrahlen nicht ausgesetzt waren; man erhält so ein Negativ des vorher von Kathodenstrahlen erzeugten positiven Bildes. Andere Kopierpapiere zeigen ähnliche Erscheinungen, nur sind einige für Licht, andere für Kathodenstrahlen empfindlicher. Stellen, die von Kathodenstrahlen besonders stark gebräunt werden, verblassen bei Belichtung, werden dabei aber glänzender als die nicht von den Strahlen getroffenen Stellen. Legt man das Papier nach doppelter Bestrahlung in Fixiernatron, so verblassen die von den Kathodenstrahlen getroffenen Stellen rascher als die übrigen Teile, sodaß das Negativ wieder deutlich erscheint. Nach einiger Zeit verschwindet es wieder und kann je nach der Zeitdauer der Bestrahlungen und des Fixiernatrons in ein Positiv verwandelt werden. Ähnliche Erscheinungen beobachtete der Verf. auch bei Bestrahlung mit Kanalstrahlen oder mit ultraviolettem Lichte.

Über einige andere von G. C. SCHMIDT beobachtete chemische Wirkungen der Kathodenstrahlen wurde in dieser Zeitschr. XV, 102 berichtet. Da die Kanalstrahlen sich den Kathodenstrahlen entgegengesetzt verhalten, indem sie eine positive Ladung mit sich führen, so lag der Gedanke nahe, daß sie sich auch in chemischer Hinsicht entgegengesetzt verhalten, d. h. oxydierend wirken würden. Dieses fand SCHMIDT aber nicht bestätigt (*Ann d. Physik* 9, 703; 1902). Die Kanalstrahlen wirken ganz allgemein zersetzend. Die Intensität der Lumineszenz fester Lösungen nimmt infolge dieser Zersetzung rasch ab. Während das Kathodenluminesenzspektrum hauptsächlich eine Farbe zeigt, ist dies bei den Kanalstrahlen nur anfangs der Fall, dann wird das Fluoreszenzlicht weiß und zeigt alle Spektralfarben. Die Kanalstrahlen zersetzen sowohl das Glas, wie die bestrahlte Substanz, wie auch das in der Röhre befindliche Gas. Ist das Gas Sauerstoff, so kann durch Zersetzung desselben auch eine Oxydation eintreten; ist das Gas Wasserstoff, so können die Kanalstrahlen bei Anwesenheit einer reduzierbaren Verbindung auch reduzierend wirken. Die am meisten typische Reaktion für Kanalstrahlen ist die Zersetzung der Natriumsalze, bei denen die D-Linie hell auftritt.

Schk.

3. Geschichte und Erkenntnislehre.

Zur Vorgeschichte des Thermometers. Von E. WOHLWILL. *Mitteil. z. Gesch. der Medizin u. d. Naturw.* 1902 Nr. 1—4. In der Geschichte der Physik hat bisher immer noch große Unsicherheit darüber geherrscht, wer als der Erfinder des Thermometers anzusehen sei. In neuerer Zeit war man geneigt, an Stelle des früher viel genannten Drebbel vielmehr Galilei das größere Anrecht hierauf zuzuerkennen. In der vorliegenden Abhandlung aber kommt

WOHLWILL zu dem überraschenden Ergebnis, daß der Grundgedanke der Thermometrie keinem von beiden angehört, sondern aus einer anderen Quelle stammt.

Der vor kurzem erschienene Band XI der großen Nationalausgabe von Galileis Werken enthält zwei Briefe, die Daniello Antonini, ein Schüler Galileis, aus Brüssel am 4. und 11. Februar 1612 an Galilei gerichtet hat, und worin sich die Beschreibung und Zeichnung des vielberufenen Perpetuum mobile von Cornelius Drebbel findet. Der Verfasser erkennt hierin eine willkommene Aufklärung über die bisher unbekannte Konstruktion des Instrumentes, dessen im Anhang zu Drebrels Schrift de elementis Erwähnung getan ist, und das Drebbel dem König Jakob von England als ein Instrument zur Veranschau-

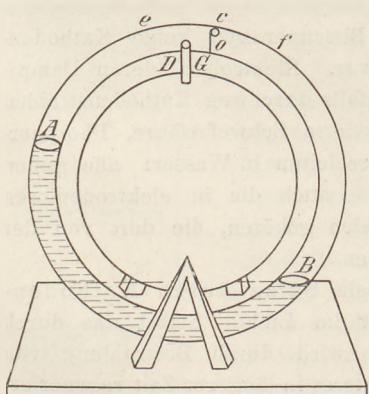


Fig. 1.

lichung von Ebbe und Flut geschenkt hat. Antonini teilt in seinem zweiten Briefe die hier nebenstehende Figur (1) mit. „Der innere Kreis stellt eine Hohlkugel aus Metall dar, die durch das

kleine Rohr *D* mit der Glasröhre *e A B* kommuniziert. In dieser befindet sich eine Flüssigkeit (Wasser), die man bald auf der einen, bald auf der anderen Seite in langsamer Bewegung aufsteigen sieht. Der Teil *ef* der Röhre ist mit Metallfolie bedeckt. *c G* bedeutet eine Verbindung [eine Scheidewand] und *o* eine Öffnung, derart, daß Luft durch diese eindringen kann, wenn die Flüssigkeit bei *B* sinkt, und austreten, wenn sie steigt.“ Aus dieser Beschreibung geht mit Sicherheit hervor, daß jenes Perpetuum mobile eine thermoskopische Vorrichtung von großer Empfindlichkeit gewesen ist. Daß sie von Drebbel zu Temperaturvergleichen benutzt worden sei, ist aus der Mitteilung nicht zu ersehen.

In Galileis Briefwechsel (Band X der Nationalausgabe) findet sich noch eine Notiz über ein Perpetuum mobile, das sich 1610 im Besitz Kaiser Rudolfs zu Prag befunden hat. Es wird in einem Brief des Gesandten Giuliano de Medici beschrieben als eine mondförmig gebogene feine Röhre, in der das Wasser von einer Seite zur anderen sich bewege; es röhre von einem Flamänder her, dessen Name nicht angegeben ist, doch ist es zweifellos, daß kein anderer als Drebbel der Urheber ist. Auch paßt die Andeutung über die Form des Instrumentes völlig zu einer Vorrichtung, die Monconys 1663 in London bei Drebels Schwiegersohn gesehen und als von Drebbel herrührend beschrieben hat. Zum Überfluß findet sich auch noch in einer Kieler Dissertation de aere von Ericus Wildeshausen (praeside Samuele Reyhero 1663) unter Hinweis auf Monconys' Werk eine Beschreibung und Abbildung des Instruments (Fig. 2). Von den beiden Kugeln *A*, *B* an den Enden der gebogenen Röhre *C* war die eine geschlossen, die andere mit einer kleinen Öffnung versehen. Es ist nicht sicher nachgewiesen, aber immerhin sehr wahrscheinlich, daß auch der Prager Apparat schon diese Erweiterungen an den Enden gehabt hat. Auch von diesem Apparat jedoch ist nicht bekannt, daß Drebbel jemals dessen Verwendbarkeit für den Zweck der Temperaturmessung zur Sprache gebracht hat; Drebbel gehörte zu „jener Art experimentierender Künstler, die mehr Wert darauf legten, durch ihre Künste Staunen und Vergnügen hervorzurufen, als Erkenntnis zu verbreiten“.

Daß die Änderungen der Luftwärme die Bewegung der Flüssigkeit in dem Instrument bewirkten, ist indeß den Schärferblickenden, wie dem erwähnten Antonini, nicht verborgen geblieben; dieser versah sogar eine etwas abgeänderte Form des erstbeschriebenen Perpetuum mobile, die eine gerade Glasröhre trug, mit einem hinter diese gestellten, mit Querstrichen versehenen Täfelchen, also mit einer primitiven Skale, „um die Bewegung aufzuzeichnen“, er benutzte also — wenn auch ohne es ausdrücklich auszusprechen — bereits die Drebbel'sche Vorrichtung als Thermoskop. Unter den Thermometern aus der ersten Hälfte des Jahrhunderts XVI findet man ferner eine ganze Reihe von solchen, die mit Drebbel's halbkreisförmiger Röhre darin übereinstimmen, daß sie aus einer einzigen Röhre bestehen, deren beide Enden in Kugeln auslaufen. Alle diese Instrumente dürften auf die Drebbel'sche Röhre zurückzuführen sein, zumal ihr Verbreitungsbezirk sich im wesentlichen auf die Niederlande und die angrenzenden Länder erstreckt, während aus Italien kein einziges Instrument dieser Art bekannt ist. Gewissermaßen vor unseren Augen vollzieht sich der Übergang aus Drebbel's Perpetuum mobile in ein Thermoskop, wenn wir in einer Streitschrift eines Lütticher Arztes, van Heer, von 1624 die Worte lesen: „Ein scharfsinniger Mathematiker hat, um uns den Begriff der immerwährenden Bewegung anschaulich zu machen und zugleich erkennen zu lassen, welcher Teil des Hauses wärmer, welcher kälter, welcher mäßig kühl sei, ein Glas hergestellt“ u. s. w. Der Gegner van Heers, der berühmte van Helmont gibt in seiner Erwiderungsschrift sogar eine genaue Beschreibung und Abbildung des Instruments (Fig. 3), das sich von der ursprünglichen Form nur durch die Geradlinigkeit der Röhre unterscheidet; die Flüssigkeit bewegt sich daher nicht mehr von einer Seite zur andern, sondern auf- und abwärts, *F* bezeichnet die Öffnung der unteren Kugel, *B C* den Flüssigkeitsfaden, der aus Vitriol bestand und durch macerierte Rosen röthlich gefärbt war. Auch ein von P. Mersenne (1644) beschriebenes Instrument gleicht diesem, es

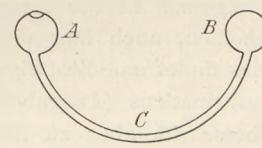


Fig. 2.

befindet sich darin ebenfalls ein auf- und absteigender Flüssigkeitsfaden. Nur in der Form abweichend ist ein Instrument, das Reyher (s. oben) in der zweiten Hälfte des Jahrhunderts XVI in den Niederlanden gesehen hat; es besteht in einer zweischenkligen Röhre mit Kugeln an den Enden, hat also ganz die Form der noch heut gebräuchlichen Differentialthermoskope, nur daß die eine der Kugeln, wie bei Drebbe, eine feine Öffnung hat.



Fig. 3.



Fig. 4.

geringe Modifikation von Fig. 3 ist es, wenn die Flüssigkeit nicht als abgerissener Faden benutzt wird, sondern auch einen Teil der unteren Kugel erfüllt (Fig. 4). Ein solches Instrument beschreibt der Utrechter Henricus Regius (Henri de Roy) in seinem 1646 erschienenen physikalischen Lehrbuch. Um den zu jener Zeit bereits erkannten Einfluß des Luftdruckes auszuschließen, ließ man bald die noch bei Regius offen gebliebene untere Kugel zuschmelzen und umgab diese mit einem Holzgefäß, um sie vor dem Einfluß der Temperatur der Umgebung zu schützen, sodaß also nur die obere Kugel den Änderungen der Außen temperatur folgte. Solche Instrumente waren in den Niederlanden bis weit in die zweite Hälfte des Jahrhunderts in Gebrauch.

Ein ähnliches Instrument, wie das van Helmontsche, beschreibt auch schon der Jesuit P. Leurechon zu Bar le Duc in seinem Kompilationswerk, den Récréations Mathématiques, wenigstens in der Ausgabe von 1628. Die Nähe der Niederlande läßt es berechtigt erscheinen, auch hier einen Zusammenhang mit der Drebbeischen Erfindung anzunehmen. Dies findet eine Bestätigung dadurch, daß der Kölner Caspar Ens in seinem Thaumaturgus mathematicus (Ausgabe von 1636) die Beschreibung von Leurechon übernommen, in der Überschrift aber zu „Instrumentum“ noch das Wort „Drebilianum“ hinzugefügt hat. Bei Leurechon (und nach ihm bei Ens) findet sich übrigens zum ersten Mal das Wort Thermometer. Auf den Zusammenhang dieser Art von Thermoskopen mit den anfangs beschriebenen Erfindungen Drebbeis deutet endlich auch der Umstand, daß die thermometrischen Apparate im Laufe des Jahrhunderts XVI öfters (so bei Guericke) als Perpetuum mobile bezeichnet werden. —

Daß auf Drebbeis Erfindung die fast gleichzeitige italienische einen Einfluß ausgeübt hätte, ist nach den Darlegungen Wohlwills kaum anzunehmen. Wahrscheinlicher ist, daß Drebbeis Erfindung mit dem bis auf Heron zurückreichenden Versuch zusammenhängt, bei dem die Luft aus einer mit der Öffnung in Wasser tauchenden Retorte zum großen Teil ausgetrieben wird, worauf dann das Wasser in den Hals der Retorte eindringt. Die Erfindung Drebbeis fällt nach vorhandenen Zeugnissen noch vor Ablauf des Jahres 1604. Ungefähr um dieselbe Zeit sind die Versuche Galileis über das Steigen und Fallen einer Flüssigkeit unter dem Einflusse der Änderungen der Lufttemperatur gemacht worden. Als Cesare Marsili im April 1626 über ein Instrument von der Art des Drebbeischen an Galilei berichtet, erwidert dieser, er habe „einen solchen Scherz“ (*un tale scherzo*) schon vor zwanzig Jahren in Padua gemacht, aber er habe mit Ebbe und Flut nichts zu tun. Hier nach würde die Erfindung Galileis in das Jahr 1606 fallen. Ein Brief Castellis vom Jahre 1638 verlegt ihn in das Jahr 1603. [Man wird dieser bestimmten Jahreszahl gegenüber Galilei eben erwähnte Angabe nur als eine ungefähre Datierung ansehen dürfen.] Nach Castellis Mitteilung nahm Galilei „eine Glasflasche von der Größe eines kleinen Hühnereies, deren Hals 2 Spannen lang und fein wie ein Getreidehalm war, und erwärmt die Flasche mit den Ballen der Hände; als er dann das offene Ende in ein untergestelltes Gefäß tauchte, in dem sich ein wenig Wasser befand, und aufhörte die Flasche zu erwärmen, stieg das Wasser sofort in dem Halse und zwar mehr als eine Spanne weit, in die Höhe“. Auch diese Vorrichtung knüpft augenscheinlich an den oben erwähnten Retortenversuch an, der sich bei Heron und nach ihm bei Porta, Benedetti und anderen findet. Merkwürdigerweise scheint aber auch Galilei die Verwendbarkeit seines Apparates für den Zweck der Temperaturmessung nicht erkannt zu haben; Wohlwill führt dafür mehrere stichhaltige Gründe

an. Die gewöhnliche Annahme, daß Galilei spätestens im Sommer 1612 eine solche Vorrichtung zum Messen von Temperaturen verwendet habe, stützt sich auf eine bisher falsch aufgefaßte Äußerung von Galilei selbst. Als Sagredo ihn am 30. Juni 1612 benachrichtigte, daß der Paduaner Arzt Santorio ein Instrument habe, woran er die Grade der Wärme und Kälte mit dem Zirkel messen könne, und auch eine Zeichnung beifügte, antwortete ihm Galilei, der Apparat sei in Wahrheit seine Erfindung. Die Beweiskraft dieser Äußerung ist bereits von Caverni beanstandet worden; Wohlwill legt überzeugend dar, daß Galilei Recht hatte, den Apparat als den seinigen zu erklären, und daß doch das Verdienst, erkannt zu haben, daß der Apparat sich zu Temperaturmessungen verwenden lasse, dem SANTORIO gebühre. Der von Sagredo gegebenen Beschreibung entspricht auch die Zeichnung, die sich in einem Werk des Santorio von 1626 befindet; auch hier ist noch keine Skale vorhanden, man sieht dafür auf der Röhre zwei Bändchen angebracht, das eine an der Grenze von Luft und Flüssigkeit, das andere etwa einen Zoll höher, vermutlich an der Stelle, zu der bei einer früheren Beobachtung die Flüssigkeit reichte. Es ist bemerkenswert, daß der Gedanke an eine Quantitätsbestimmung völlig in der Richtung der gesamten wissenschaftlichen Tätigkeit Santorios liegt. Er schickt der Mitteilung über sein Thermometer Betrachtungen über die Bedeutung der Quantitätsbestimmungen für die Behandlung der Krankheiten voraus. Er knüpft an eine Äußerung des Galen an, daß man, um das wahre Heilmittel anwenden zu können, auch die Quantität der Krankheit, d. h. das Maß ihrer Abweichung vom natürlichen Zustande bestimmen müsse. Zu diesem Zweck hat Santorio vier Instrumente ersonnen, deren eines eben das Thermometer ist. Die Erfindung des Thermometers durch Santorio ist demnach als das Ergebnis seines unermüdeten Suchens nach dem Quantitativen in der Medizin anzusehen. „Wir begreifen, daß der Suchende auch in dieser Richtung den entscheidenden Schritt zu tun vermochte, wo ein Galilei, so weit uns die Quellen zu sehen gestatten, auf der Vorstufe stehen geblieben war.“

Inwieweit bei der Umgestaltung des Drebelschen Perpetuum mobile zum Thermometer etwa die Kenntnis von Berichten über das Instrument des Santorio mitgewirkt hat, wird sich vielleicht durch weitere Forschungen feststellen lassen. P.

H. von Helmholtz über die Methode der Naturforschung. Im II. Bande des biographischen Werkes über H. von HELMHOLTZ (S. 31 ff.) teilt L. Königsberger eine längere Aufzeichnung von HELMHOLTZ über die Geschichte der Naturwissenschaften mit, die sich in einem Brief an Zeller findet, und aus der wir die nachfolgenden Abschnitte herausheben.

„Nichts ist einfacher als die Methode der Forschung dieser Wissenschaften, wie sich dieselbe schließlich, nachdem viele Irrwege vergebens betreten waren, festgestellt hat. Diese Methode, die unter dem Namen der induktiven beschrieben zu werden pflegt, ist in der Tat nichts anderes, als das Verfahren, welches der sogenannte gesunde Menschenverstand für die praktischen Zwecke des täglichen Lebens ohne alle wissenschaftliche Schulung von selbst einzuschlagen pflegt, und von dessen Anwendung wir selbst bei den intelligenteren Tieren unverkennbare Spuren finden. Durch Erfahrung suchen wir kennen zu lernen, wie sich die uns umgebenden Dinge unter diesen oder jenen Umständen, namentlich auch bei den Eingriffen, die wir durch unsere Handlungen machen, zu verhalten pflegen. Wir setzen dann voraus, daß in jedem neu eintretenden Falle der Verlauf der Dinge der gleiche sein werde, wie in allen früheren Fällen von hinlänglich ähnlicher Art. Der Unterschied zwischen der wissenschaftlichen Forschung und der alltäglichen Erfahrung liegt nur darin, daß wir in letzterer die Fälle so hinnehmen, wie sie der Zufall uns vorführt, daß wir uns mit den allmählich sich verdunkelnden Erinnerungen des Gesehnen begnügen, wie sie in unserm Gedächtnis haften bleiben, daß das einzige Maß, nach welchem wir quantitative und qualitative Unterschiede beurteilen, meist nur durch die Intensität und Art der sinnlichen Empfindung gegeben ist. Bei wissenschaftlicher Forschung dagegen suchen wir möglichst große Vollständigkeit in der Beobachtung der einzelnen Fälle und ihrer Abänderungen zu erreichen, indem wir sie entweder aufsuchen, wo sie sich von selbst darbieten, oder sie absichtlich durch den Versuch herbeiführen. Wir suchen dabei scharf und bestimmt die

Bedingungen abzugrenzen, von denen es abhängt, ob ein gewisser Erfolg eintritt oder ausbleibt, beziehlich in welcher Größe er eintritt, und ruhen nicht eher, als bis wir in jedem einzelnen Falle ähnlicher Art vorauszusagen wissen, was geschehen wird. Indem wir das Gefundene in genau definierte Begriffe fassen, in Wort und Schrift fixieren, erweitern wir die Erfahrung jedes Einzelnen durch die Erfahrung aller Mitlebenden und Vorausgegangenen. Wir sind dabei sicher, daß jede Abweichung von einem für wahr gehaltenen Gesetz die allgemeine Aufmerksamkeit um so stärker erregen wird, je fester der Glaube an seine Richtigkeit war. So bleiben die schon gewonnenen Ergebnisse der Wissenschaft einer dauernden Kontrolle ihrer Richtigkeit oder eventueller Verbesserung unterworfen. Aber alles dies ist im Grunde nichts als eine möglichst sorgfältige und konsequente Ausführung dessen, was ein verständiger Mann für die nächstliegenden praktischen Zwecke auch ohne alle wissenschaftliche Schulung zu tun pflegt.

Natürlich dürfen wir uns darüber nicht wundern, wenn dem Jünger der Wissenschaft eine um so schwerere Arbeit des Denkens zugemutet wird, je umfassender und je schärfer bestimmt die Gesetze werden, welche er verstehen und anwenden soll. Die allgemeinsten Prinzipien der Mechanik scheinen freilich von der Anschaulichkeit eines populären Erfahrungssatzes weit entfernt zu sein. Sie sind die Zauberformeln geworden, mit deren Hilfe die moderne Menschheit die widerstrebenden Gewalten der Natur in ihren Dienst gebannt hat, und doch sind sie auf demselben Wege gewonnen, der mit kleinen Fertigkeiten und Kunstgriffen des praktischen Lebens begonnen hat.

Daß die Nationen des klassischen Altertums weniger naturwissenschaftliche Kenntnisse gehabt haben als wir, die wir auf ihren Schultern stehen, wird uns nicht in Erstaunen setzen dürfen. Wir wundern uns vielleicht öfter darüber, daß sie dieses und jenes gewußt haben, als über das Gegenteil. Was uns aber immer wieder in Verwunderung setzt, ist, daß diese Völker, die in der Ausbildung der Sprache, des Rechts, der staatlichen Ordnung, in der Geschichtsschreibung und philosophischen Abstraktion uns in keiner Weise nachstanden, in vielen Richtungen künstlerischer Tätigkeit uns sogar entschieden überlegen waren, eine auffallende Unfähigkeit zeigen, die richtigen Wege für die Lösung naturwissenschaftlicher Probleme zu finden, ja auch nur die richtigen Fragen zu stellen. Es macht den Eindruck, als sei ihnen die Methode, welche schließlich die reichen Früchte gezeitigt hat, zu einfach und zu einfältig erschienen, um Großes von ihr zu hoffen, und daß sie geglaubt haben, erhebliche Resultate nur durch stärkere Anspannung des Denkens erreichen zu können.“

Auf die hieran sich anschließenden sehr interessanten Ausführungen über die Geschichte der Naturforschung von Aristoteles bis Newton müssen wir uns an dieser Stelle nur hinzuweisen begnügen.

P.

4. Unterricht und Methode.

Physikalische Schülerübungen in Österreich. Dr. GUSTAV SCHILLING hatte in dem Verein „Realschule“ die Frage der physikalischen Schülerübungen allgemein behandelt und man hatte zur Durchberatung der Einzelheiten einen Sonderausschuß eingesetzt, der aus den Herren Direktoren Januschke, Dechant, v. Eysank, Schulrat Glöser und den Herren Professoren Gschnitzler, Hirschler, Kraus, Petrik, Dr. Rosenberg und Triesel bestand. Die Ergebnisse dieser Beratung legte Herr Schilling dem Deutsch-Österreichischen Mittelschultag am 7. April 1903 in einer Rede über den „Entwurf eines Planes für physikalische Schülerübungen“ vor. (Vierteljahresber. d. Wiener Ver. zur Förderung d. phys. u. chem. Unterr. 8, 88; 1903.) In der Einleitung erörterte er kurz den Nutzen solcher Übungen und den Stand der Angelegenheit in den Vereinigten Staaten, in England und im Deutschen Reiche.

Bei der Entwicklung der Grundsätze für physikalische Übungen an den österreichischen Mittelschulen schlug der Redner vor, die Schüler aller Klassen, in denen Physik vor kommt, zu praktischen Übungen zuzulassen und die Übungen wahlfrei zu gestalten. Er hält es freilich für wünschenswert, die Vorteile der Übungen allen Schülern zuzuwenden und beschränkt sich nur deshalb auf die Forderung wahlfreier Übungen, weil ihm diese

allein erreichbar erscheinen. Den Hauptnachdruck legte Herr Schilling darauf, daß in erster Linie die Schüler der unteren Klassen zu den Übungen herangezogen werden. Er besprach dann eingehender die Übungsaufgaben und deren Ausführung und die Schülerlaboratorien. Der Redner trat für wöchentlich zwei zusammenhängende Übungsstunden ein. Er ist der Ansicht, daß die Zahl der Schüler, die ein Lehrer gleichzeitig bei den Übungen beschäftigen und beaufsichtigen könne, höchstens zwanzig betrage. Um die Kosten zu decken, schlägt er vor, ähnlich wie bei den chemischen Übungen eine Laboratoriumstaxe von etwa 12 K. jährlich zu erheben.

Im Anschluß an diese Rede des Herrn Schilling versprach Herr Hofrat Dr. Ferdinand Maurer seinen ganzen Einfluß einzusetzen, damit die physikalischen Schülerübungen eingeführt und die zu diesem Zwecke nötigen Unterstützungen von der Regierung bewilligt würden.

Am Nachmittag desselben Tages hielt Herr Prof. Dr. JOHANN KLEINPETER einen Vortrag über praktisch-naturwissenschaftlichen Unterricht. Bei dem naturwissenschaftlichen Unterricht handele es sich um die Einführung einer Reihe von Begriffen, welche dem Schüler ganz unbekannt sind. Es soll hier das Denken unmittelbar an die Wirklichkeit angegliedert werden. Wie es bei fremden Sprachen als Ziel gilt, daß der Schüler in den fremden Sprachen denken lerne, so wird das Ziel des naturwissenschaftlichen Unterrichts sein, daß der Schüler an die Tatsachen anknüpfend denkt. Ein Nachteil des bisherigen Unterrichtssystems liege darin, daß bei ihm nur auf die intellektuelle Seite Nachdruck gelegt werde, während die beiden anderen Seelenvermögen, Gefühl und Wille, vernachlässigt werden. Zur Ausbildung der Willenstüchtigkeit geschehe viel zu wenig. Der Schüler solle lernen, ein bestimmtes Ziel, das ihm gesetzt wird oder das er sich selbst setzt, anzustreben. Nicht bewährt haben sich Schülerübungen, welche dem Schüler kein Ziel setzen. Das Hauptziel der Übungen würden Messungen und Anfertigungen von Apparaten sein. Demonstrationsversuche blieben wohl am besten dem Lehrer vorbehalten. Voraussetzung der Erreichung des angestrebten Ziels sei eine geeignete Lehrerausbildung. Hier sei zunächst der Hebel anzusetzen. Auf allen Universitäten sollten praktische Kurse unter der Leitung eines Mechanikers errichtet werden, die für die Lehramtskandidaten verbindlich sind. Es sei festzuhalten, daß der praktische Unterricht vorerst nicht nur für die Schüler, sondern auch für Lehrer und Direktoren wahlfrei sein solle.

Bei der Debatte über die Thesen des Prof. Schilling traten Direktor Huber und der Landesschulinspektor Regierungsrat Dr. Ignaz G. Wallentin dafür ein, daß die physikalischen Übungen in den unteren Klassen zu beginnen seien. Die Thesen des Prof. Schilling wurden in folgendem Wortlaut angenommen: 1. Es erscheint wünschenswert, zur Vertiefung des Physikunterrichts physikalische Schülerübungen und zwar zunächst solche Übungen an einzelnen Anstalten versuchsweise einzuführen. 2. Die hohe Unterrichtsverwaltung wird daher gebeten, die Einführung solcher Übungen durch die Bewilligung entsprechender Mittel etc. zu ermöglichen. Ebenso gelangten die Thesen des Prof. Dr. J. Kleinpeter zur Abstimmung und Annahme: 1. Im Unterrichte in allen naturwissenschaftlichen Fächern ist die praktische Betätigung der Schüler anzustreben. 2. Für Lehramtskandidaten der Physik sind an den Hochschulen obligate praktische Kurse unter Mitwirkung von Mechanikern einzurichten.

Diese Beschlüsse des Deutsch-Österreichischen Mittelschultags sind mit Freuden zu begrüßen und es ist im Interesse des physikalischen Unterrichts zu wünschen, daß auf die Worte auch die Taten folgen. Der Berichterstatter enthält sich unter Hinweis auf den Vortrag, den er zu Pfingsten d. J. auf der 12. Hauptversammlung des Vereins zur Förderung des Unterrichts in der Mathematik und den Naturwissenschaften zu Breslau gehalten, kritischer Bemerkungen zu Einzelheiten der beiden Reden, da er deren Inhalt in den Hauptsachen zustimmt, nur macht er seine österreichischen Fachgenossen darauf aufmerksam, daß praktische Übungskurse für Lehramtskandidaten, wie die von Herrn Geh. Regierungsrat

Dr. Vogel zu Berlin geleiteten, für die Erreichung des angestrebten Zweckes wohl noch geeigneter sein dürften als die in Aussicht genommenen Universitätskurse. H. Hahn.

Der physikalische Unterricht in den Vereinigten Staaten. Am 28. November 1902 hielt Ernest J. Andrews auf der ersten Versammlung der Central Association of Physics Teachers einen Vortrag über neue Ereignisse auf dem Gebiete des physikalischen Unterrichts in den Vereinigten Staaten. (*School Science*, 2, 477; 1903.) Er berichtete, daß zur Zeit eine große Zahl höherer Lehranstalten im Bau, andere vollendet sind. Boston hat vier neue Bauten vollkommenster Art fertiggestellt, Philadelphia eine prächtige höhere Knabenschule, die 1533 000 \$ kostet, geschaffen, Chicago ein vortreffliches Gebäude errichtet und zwei andere im Bau. Vor 40 Jahren gab es in den Vereinigten Staaten 45 high schools, heute bestehen mehr als 6000, und ihre Zahl wächst schnell. Die erwähnte Philadelphia Central high school ist die größte und bestausgestattete höhere Lehranstalt der ganzen Welt, sie ist für 2400 Schüler berechnet; ihre Aula fast 2500 Menschen; sie besitzt ein Fernrohr mit 14-zölligem Objektiv, das 30 000 \$ gekostet hat. In dem neuesten Chicagoer Schulgebäude, in der Robert A. Waller high school sind sechs Räume für den physikalischen Unterricht bestimmt: ein Hauptlaboratorium, ein Lehrzimmer, eine Werkstatt, eine Dunkelkammer, ein Sammlungsraum und ein Privatlaboratorium für den Lehrer. Einige der neueren Gebäude sind noch reicher ausgestattet. Cambridge besitzt ein Schülerlaboratorium für Licht und Wärme, eins für Mechanik und eins für Elektrizität. New Haven hat ungefähr ebensoviel Räume. An der erwähnten neuen Chicagoer Anstalt hat man für Schülerapparate 2500 \$ und für Demonstrationsapparate etwa 5000 \$ ausgegeben. Dem physikalischen Unterricht steht zur Verfügung eine vollständig ausgestattete Werkstatt, heißes und kaltes Wasser, Wasserdampf, Gas, elektrischer Strom, der in 34 Spannungsstufen von 500 V bis zu 1 V jeder Zeit zur Hand und mit besonders konstruierten Umschaltern versehen ist, die jede gewünschte Verbindung von Zellen, Lampen, Widerständen, Voltmetern, Amperemetern u. s. w. gestatten, sodaß keine Zeit verloren geht, um Verbindungen herzustellen oder zu ändern. Das Lehrzimmer, das mehrere Klassen gleichzeitig aufzunehmen vermag, besitzt eine Projektionseinrichtung und kann in 12 Abschnitten durch einen Schalter, der gleichzeitig den Projektionsschirm herunterläßt, verdunkelt werden. Die Central high school of Kansas City besitzt als Werkstattsausrüstung einen Motor von $7\frac{1}{2}$ Pferdekräften, eine 15-zöllige Drehbank, eine 9-zöllige Barnes-Drehbank, eine 10-zöllige Drechselbank, eine Banksäge, eine Scheibensäge, ein Schmiergelrad, einen Maschinenschleifstein, ein Polierrad und eine Bohrpresse; dies alles dient nur zum Bau und zur Reparatur physikalischer Apparate.

Diesen üppigen Ausstattungen entsprechen keineswegs glänzende Gehälter der Lehrer, und es besteht eine gewisse Mißstimmung unter diesen, der Andrews mit folgenden Worten Ausdruck verleiht: Sometimes, when the physics teacher is struggling to repair some piece of broken apparatus, or is poring over the note book of some pupil who can neither cipher, spell nor write, a faint suspicion crosses his mind that all of this equipment, valuable as it is to the student, is a little hard on his own family, as the feeling is apt to creep in that his own salary is sacrificed for the equipment. Then it is he wends his weary way homeward, calls up his oldest son, and says: „Well, John, if you still yearn more for work than for study, go ahead; after all, it doesn't seem to pay to spend a decade in learning how to teach“. And thus the schools lose another student and the country a teacher. It seems to be conceded that teachers are philanthropists, and they are willing to be philanthropists; but they sometimes feel as if they would like their charity to begin at home.

Andrews hebt dann hervor, daß das Streben vorhanden ist, mehr Zeit auf den physikalischen Unterricht zu verwenden, nur Milwaukee hat die wöchentliche Stundenzahl von 7 auf 5 herabgesetzt. Buffalo hat den Unterricht auf ein Jahr ausgedehnt; Baltimore und Cambridge haben jetzt zwei Jahre. In Chicago plant man, die Schulzeit der high schools von 4 auf 6 Jahre zu erhöhen und während zweier Jahre Physik zu unterrichten. Eine solche Änderung in der Verfassung der high schools würde diese unseren Völlanstalten mindestens gleichstellen.

Diese Ausführungen beleuchten blitzartig den eigenartigen Zustand und die Entwicklung des physikalischen Unterrichts in den Vereinigten Staaten. Doch legt man in den Vereinigten Staaten nach Art reicher Emporkömmlinge oft mehr Wert auf die Schale als auf den Kern und vergeudet manchmal große Summen in unzweckmäßigen Übertreibungen. Der wunde Punkt des amerikanischen Unterrichtswesens ist die Lehrerfrage. Doch gibt es auch dort wie überall geborene Lehrer, und es ist der Zeitpunkt abzusehen, in dem durch deren Tätigkeit nach der Sättigung der breiteren Massen mit äußeren Gütern sich ein ausgezeichneter Lehrerstand gebildet hat, der in Verbindung mit den reichen für den Unterricht aufgewendeten Mitteln im stande ist, den Schwerpunkt der geistigen Bildung aus der alten nach der neuen Welt zu verlegen. Auch hier haben die Völker Europas heiligste Güter zu wahren.

H. Hahn.

Didaktik der Chemie an der Universität Leipzig. Durch Bestimmung des Kgl. Sächsischen Ministeriums ist die Didaktik der Chemie seit dem Februar dieses Jahres ein amtlicher Lehrgegenstand an der Leipziger Universität geworden. Diese Neuerung, für die ein Vorbild bisher wohl an keiner deutschen Hochschule bestanden hat, ist der Anregung von Wilhelm Ostwald, der sein Interesse für Unterrichtsfragen auch sonst schon in rühmenswerter Weise bekundet hat, zu danken. Den Lehrauftrag für dieses Fach hat Herr JULIUS WAGNER, ein langjähriger Mitarbeiter von Ostwald, erhalten; in welchem Sinne er ihn auffaßt, hat er in großen Zügen in seiner Antrittsvorlesung dargelegt¹⁾. Von besonderem Interesse ist die Stellung des Verfassers zur Frage der Ausbildung der künftigen Lehrer an höheren Schulen — der Mittelschullehrer, wie er sie im österreichischen Sinne nennt; hier hat nämlich seine Tätigkeit sofort anzusetzen, da er verpflichtet ist, „die Übungen derer, die künftig an den Mittelschulen den Unterricht in Chemie erteilen sollen, namentlich auch in praktischer Beziehung zu leiten“. Für diese Übungen stellt sich Herr Wagner, indem er sie auf zwei aufeinander folgende Semester veranschlägt, ein doppeltes Ziel: Sie sollen „den Studierenden mit der Chemie besser vertraut machen, als es durch den Unterricht in der Vorlesung oder durch Bücher geschehen kann“; dann aber sollen sie ihm „die Fähigkeit geben, die Versuche auszuführen, die künftighin bei seinen Schülern den Vortrag unterstützen sollen“. Diese Ziele werden sicherlich bei allen Schulmännern — auch bei denjenigen, die weniger eine gesonderte Ausbildung für die künftigen Lehrer als eine allgemeine Reform des chemischen Studiengangs wünschen — Anerkennung finden. Aber die Absichten des Verfassers gehen noch weiter; er hält es nämlich für ersprießlich, den Unterricht auf der Universität so anzutragen, „wie der Lehrer seinen eigenen Unterricht später zu gestalten hat“. Dies wird bei vielen Bedenken wachrufen. Eine „methodische Anordnung des gesamten chemischen Lehrstoffs“ zu geben, wie der Verfasser will, ist wohl weniger Sache der Universitätslehrer als der eigentlichen Praktiker; ein wirkliches Leben kann überdies die Methodik erst für den gewinnen, der sie anzuwenden hat, für den angehenden Lehrer also nicht früher als bei seiner ersten Tätigkeit an den mit den höheren Schulen verbundenen Seminarien. Jedenfalls ist es interessant zu beobachten, daß, während der chemische Schulunterricht bis zum Auftreten von Arendt, Wilbrand u. s. w. unter der Nachahmung der akademischen Methode gelitten hat, hier ein Hochschullehrer seinen Stoff so anordnen will, wie es den Anforderungen der Mittelschule entsprechen würde. Immerhin will Herr Wagner dem pädagogischen Fachmann das Gebiet der eigentlichen Didaktik überlassen. „Die Art und Weise, mit der er den Lehrstoff im einzelnen für den Unterricht verwendet und verarbeitet, kann nur von ihm gefunden werden, denn er nur hat die eingehende Kenntnis des Schülermaterials, und nur er weiß, in welcher Form er den Lehrstoff im einzelnen darzustellen hat, damit er von den Schülern in gedeihlicher Weise aufgenommen wird u. s. w.“ Wie aber die Methode durch den Pädagogen, so soll der Stoff durch den Hochschullehrer bestimmt werden. Es muß „ausgesprochen werden, daß dem Mittelschullehrer im allgemeinen die

¹⁾ Über den Anfangsunterricht in der Chemie von Julius Wagner. Nach der am 28. Februar 1903 in der Aula zu Leipzig gehaltenen Antrittsvorlesung. Leipzig 1903, Joh. Ambrosius Barth.

Übersicht über das gesamte Gebiet fehlt, so daß er nicht im stande ist, das herauszugreifen, was wesentlich für die Darstellung ist. . . . So muß es als das vorzugsweise Recht des Hochschullehrers der Chemie betrachtet werden, zu bezeichnen, was er als wesentlich für den ersten Unterricht in dieser Wissenschaft, was er als nützlich und notwendig erachtet". — Gegen die hier ausgesprochene — wie wir glauben, zu niedrige — Einschätzung unserer Fachgenossen sei Widerspruch erhoben. Es gibt unter diesen eine große Zahl von Männern, die auf der Universität denselben Bildungsgang durchgemacht und sich hierüber in der gleichen Weise ausgewiesen haben wie die späteren Hochschullehrer; ihnen, die überdies fortgesetzt an der Erziehung der Jugend zum Ideal allgemeiner und — was hierin eingeschlossen ist — naturwissenschaftlicher Bildung praktisch arbeiten, muß wohl in erster Linie das Recht der Einwirkung auf die Bestimmung des Unterrichtsstoffes zuerkannt werden. Oder sollte der Lehrer der Chemie wissenschaftlich minder hoch stehen als seine philologischen oder mathematischen Amtsgenossen?

Um zu einer „im Unterrichtsstoff entspringenden Methode“ zu gelangen, durchschreitet der Verfasser „mit großen Schritten, mit Rücksicht auf den methodischen Gang der Erkenntnis, die Geschichte der Chemie“. Er gelangt hierbei zu Ansichten über die Überschätzung der systematischen Chemie, wie sie vor ihm Arendt und andere wiederholt ausgesprochen haben. Als wesentlich erscheint ihm die allgemeine Chemie, und dem entspricht das Schema, das er für die Übungen der künftigen Lehrer entwirft. Diese will er nicht mit der so viele Fähigkeiten und Vorkenntnisse beanspruchenden qualitativen Analyse beginnen, sondern mit einer Einführung in die Operationen, die für alle chemischen Arbeiten grundlegend sind. Der Unterricht soll anfangen „mit dem Messen und Wägen, es schließen sich an Versuche über die Eigenschaften der Stoffe, Volumänderung mit Druck und Temperatur, Dichte, Wechsel des Formzustandes. Dann folgen Trennungen: Filtrieren, Destillieren, Sublimieren, Lösen. . . . Wo irgend möglich, werden Messungsreihen ausgeführt und die Fehlergrenze der Versuche festgestellt. . . . Die an den Schluß des ersten und in das zweite Semester gestellte qualitative Analyse findet den Lernenden nach meiner Erfahrung reifer, inzwischen sind auch in der Vorlesung die notwendigen theoretischen Kenntnisse gewonnen, und die Einführung und Anwendung der elektrolytischen Dissoziation bei diesem Teile des Unterrichts bietet keine erheblichen Schwierigkeiten“. Auf diese Weise will der Verfasser dem Studierenden neben anderem das geben, was „Wilhelm Ostwald als wissenschaftliche Grundlagen der analytischen Chemie im Zusammenhange dargestellt hat“. — Diesen Unterrichtsgang hält Herr WAGNER — dem Ziele, das er sich gesteckt hat, entsprechend — auch für übertragbar auf die höhere Schule. Der Erwägung wert sind seine Vorschläge sicherlich; allerdings ist fraglich, ob die folgerichtig in einander greifenden Untersuchungen qualitativer Art, wie sie Wilbrand und andere Schulpfleger durchgeführt haben, nicht den Zwecken der Schule besser entsprechen als Reihen messender Versuche, die sich in den Lehrgang schwer werden einfügen lassen. Vielleicht würde nach einem auf diese Vorschläge aufgebauten Unterrichtsgange für die Schüler eine gute Einführung in die Anschauungen der wissenschaftlichen Chemie zu erzielen sein. Für die Systematik aber, die bisher stets, wenn auch in zweiter Linie, Berücksichtigung gefunden hat, würde hier überhaupt keine Zeit bleiben. In der Tat meint auch Herr WAGNER, daß „die Systematik nur an die Fachschule gehöre“. Wie würde es aber in diesem Falle mit der Vermittelung der zum Verständnis modernen Kulturlebens unentbehrlichen chemischen Kenntnisse werden? Auf dem Wege, den der Verfasser vorschlägt, „statt der Systematik angewandte Chemie“ zu treiben und die Bedeutung der allgemeinen Lehren an einzelnen Gebieten der Technologie zu zeigen, wird die Schule die ihr in dieser Hinsicht gestellte Aufgabe kaum lösen können. — Trotz dieses Widerspruchs sei die Schrift des Herrn Wagner der Beachtung der Fachgenossen ausdrücklich empfohlen; ihr Wert besteht nicht nur in den Anregungen, die sie bietet, sondern auch darin, daß sie als Einleitung betrachtet werden darf zu der bedeutsamsten Mitarbeit, die unseren Bestrebungen werden kann, nämlich zur Mitarbeit der deutschen Hochschulen.

J. Schiff.

Neu erschienene Bücher und Schriften.

Hermann von Helmholtz. Von Leo Königsberger. II. Band. Mit zwei Bildnissen. XIV und 383 S. M 8,—, geb. M 10,— und 12,—. III. Band. Mit vier Bildnissen und einem Brieffacsimile. IX und 142 S. M 4,—, geb. M. 5,— und 7,—. Braunschweig, Friedrich Vieweg und Sohn, 1903.

Der zweite Band dieses hervorragenden Werkes (vergl. Heft 2, S. 119 d. Jahrgangs) zeigt uns den außerordentlichen Mann auf der Höhe seines Schaffens. Gleich im Beginn des Bandes findet sich der Brief an Zeller, aus dem wir an anderer Stelle (S. 307) einen Ausschnitt geben. Auch diesem Bande verleiht das Ineinander von persönlichen Erlebnissen und abstraktester Gedankenarbeit einen eigenen Reiz. Auch hier wieder empfängt der Leser von der Persönlichkeit Helmholtzens den Eindruck der unbedingtesten Wahrhaftigkeit, die sich den großen Problemen nicht minder wie Eindrücken des Tages (S. 311) gegenüber bekundet. Von besonderem Interesse ist im ersten Teil des Bandes das Verhältnis zu Kant, das Helmholtz selber in einer bisher nicht bekannt gewordenen Auseinandersetzung (S. 141) aufs klarste kennzeichnet. Gegen den Schluß des Bandes tritt sein Verhältnis zu seinem großen Schüler Hertz in den Vordergrund. Wollte man das gesamte Schaffen Helmholtzens in dieser Periode erschöpfend charakterisieren, so müßte man die Geschichte der Physik in dieser Zeit schreiben. Als einen wertvollen Beitrag zur Physikgeschichte haben wir darum auch dieses Werk zu betrachten, wenns schon es nur leicht andeutend den Zusammenhängen nachgeht, wie sie in dem ungemein ausgedehnten Kreis der Beziehungen Helmholtzens zu seinen Fachgenossen sichtbar werden.

Der dritte, abschließende Band behandelt die letzten sechs Jahre, in denen Helmholtz Präsident der physikalisch-technischen Reichsanstalt war. Wir sehen ihn in seinem faustgleichen Streben noch am Schlusse seines Lebens mit den schwersten Problemen ringen, vor allem mit der Ausgestaltung des Prinzips der kleinsten Wirkung, das ihm als notwendige Ergänzung der Erhaltung der Energie vor Augen schwelte. Bis zu seinem Tode waren seine Gedanken mit der Vorstellung beschäftigt, daß alle Erscheinungen der Natur dem Prinzip der kleinsten Wirkung in der von ihm gegebenen ganz allgemeinen Form unterworfen seien. Auf die edle Persönlichkeit des großen Forschers wendet der Verfasser am Schluß die Worte an, die er selbst von Künstlern wie Goethe und Beethoven gebraucht hat: Wir verehren in ihm einen Genius, einen Funken göttlicher Schöpferkraft, und indem wir ihn zu verstehen suchen, fühlen wir, daß wir selbst Teil haben an den Kräften, die so Wunderbares hervorbrachten.

Uneingeschränkter Dank gebührt dem Verfasser, der selbst in hohem Alter stehend es auf sich genommen hat, die Kenntnis dieses „im höchsten Sinne in sich abgeschlossenen Lebens“ der wissenschaftlichen Welt nicht blos, sondern der ganzen gebildeten Welt zu vermitteln. Zu wünschen wäre, daß die Verlagshandlung von dem Werk unter Weglassung der schwierigeren wissenschaftlichen Darlegungen eine Volksausgabe veranstaltete, die sich würdig neben die längst als ein nationales Gut erkannte Selbstbiographie von Werner Siemens stellen würde.

P.

Ostwalds Klassiker der exakten Wissenschaften. Nr. 124. Abhandlungen zur Thermodynamik chemischer Vorgänge von H. Helmholtz, herausgeg. von M. Planck. 84 S. M 1,40. — Nr. 125. Untersuchungen über den Salpeter und den salpetrigen Luftgeist, das Brennen und das Atmen, von John Mayow, herausgeg. von F. G. Donnan. 56 S. M 1. — Nr. 126, 128, 131, 134, 136. Experimentaluntersuchungen über Elektrizität von Michael Faraday. IX—XIX Reihe. Herausgeg. von A. J. von Oettingen. Bezw. M 1,80; M 2; M 0,80; M 1,60; M 1,20. — Nr. 132. Über die Continuität der gasförmigen und flüssigen Zustände der Materie, und über den gasförmigen Zustand der Materie, von Thomas Andrews. Herausgeg. von A. von Oettingen und Kenji Tsuruta. Mit 12 Figuren. 82 S. M 1,40. Sämtlich im Verlag von Wilhelm Engelmann, Leipzig.

Nr. 124 enthält die Abhandlungen aus den Jahren 1877, 1882 und 1883, die für die neue Elektrochemie von grundlegender Bedeutung sind. Die erste Abhandlung über galvanische Ströme, verursacht durch Konzentrationsunterschiede, liefert auf Grund der mechanischen Wärmetheorie eine Berechnung der elektromotorischen Kraft zweier Ketten; die anderen Abhandlungen gehen von der Unterscheidung der freien und der gebundenen Energie bei chemischen Prozessen aus; auch die Begriffe der lebendigen Kraft geordneter und ungeordneter Bewegung treten hier auf: Der letzte Beitrag enthält Folgerungen, die galvanische Polarisation betreffend, und führt insbesondere auch zur Berechnung der freien Energie des Knallgases und des Arbeitsäquivalents gelöster Gase. — Nr. 125 enthält die Abhandlungen von John Mayow (1643—1679), die für die Entwicklung der Chemie

hätten epochemachend werden können, wenn sie nicht durch eine eigentümliche Verkettung von Umständen lange Zeit unbeachtet geblieben wären. Mayow, der Begründer der heutigen Respirationslehre, war auch dem Sauerstoff bereits auf der Spur, er nannte ihn *spiritus nitro-aëreus* und wußte, daß er auch im Salpeter vorhanden sei. Nr. 126 ff. bringen eine neue Ausgabe des klassischen Faradayschen Werkes, von dem bereits seit längerer Zeit eine gediegene Übersetzung durch M. Kalischer vorliegt. Die ersten Serien der vorliegenden Übersetzung sind schon vor mehreren Jahren als Nr. 81, 86, 87, erschienen. Das ganze Werk umfaßt XXX Reihen, denen noch eine Anzahl von Abhandlungen sich anschließt. Von dem reichen Inhalt dieser Untersuchungen kann hier kaum eine Andeutung gegeben werden; es handelt sich u. a. um die Induktion, um elektrische Entladungen, die Natur der Elektrizität, den Streit der Kontakttheorie und der chemischen Theorie des Stroms, den Diamagnetismus. — In Nr. 132 findet man die wichtigen Arbeiten von Andrews, die den kritischen Punkt betreffen und für die neueren Erfolge in der Verflüssigung der Gase eine entscheidende Bedeutung erlangt haben. P.

Jahrbuch der Naturwissenschaften 1902—1903. Achtzehnter Jahrgang. Unter Mitwirkung von Fachmännern bearbeitet von Dr. Max Wildermann. Freiburg i. B., Herdersche Verlagshandlung, 1903, XIV und 508 S. M 6,— geb. M 7,—.

Das dankenswerte Unternehmen, zunächst für die gebildete Laienwelt bestimmt, verdient auch die Aufmerksamkeit des Fachlehrers der Naturwissenschaften, dem auf seinem eignen Gebiet eine interessante Auswahl und auf fernerliegenden Gebieten viel Anregendes und Wissenswertes geboten wird. In dem vorliegenden Bande hat u. a. der Herausgeber die Physik und die angewandte Mechanik bearbeitet, H. Vogel die Chemie, Plaßmann die Astronomie, J. Valentin die Meteorologie; außerdem sind die beschreibenden Naturwissenschaften, die Forst- und Landwirtschaft, Medizin, Länder- und Völkerkunde, Industrie und Industrielle Technik vertreten. Den Beschuß bilden die Himmelerscheinungen bis 1. Mai 1904, ein Totenbuch und ein Personen- und Sachregister. P.

Licht und Wärme. Gemeinfäßlich dargestellt von RICH. HERM. BLOCHMANN. Mit 81 Abbildungen. Leipzig, C. E. Poeschel, 1902. VIII u. 272 S. Geh. M 3,80, geb. M 4,60.

Das Buch enthält den zweiten Teil einer Physik des Verf., deren erster Teil „Mechanik und Akustik“ bereits früher erschienen ist. Es ist dem Verf. weniger auf systematische Vollständigkeit als darauf angekommen, ein größeres Publikum mit den wichtigsten Gebieten der Licht- und Wärmelehre bekannt zu machen. Die Darstellung ist dementsprechend popular gehalten und liest sich überaus angenehm; mathematische Ableitungen sind fast gänzlich vermieden. Mehr, als sonst meistens üblich, ist die historische Entwicklung berücksichtigt; die hierdurch ermöglichte Verbiudung sachlicher und persönlicher Gesichtspunkte muß als ein Hauptvorzug der Darstellung betrachtet werden. Was die Anordnung anlangt, so sind, wie uns scheint, zu viel verschiedenartige Gebiete in einen Abschnitt zusammengedrängt. Die ganze Wärmelehre läßt sich doch nicht gut in zwei Kapiteln unterbringen, sodaß z. B. die Änderungen des Aggregatzustandes unter „Ausdehnung der Körper durch die Wärme“ zu stehen kommen. Ähnlich sind in der Optik Interferenz und Beugung als „Erscheinungen der Brechung des Lichts“ dargestellt. Auch im einzelnen ist an vielen Stellen die wissenschaftliche Präzision zu vermissen: so bei der Erklärung des absoluten Nullpunktes auf S. 52, der Assimilation der Pflanzen auf S. 133 u. a. Im allgemeinen erscheint das Buch aber wohl geeignet, physikalische Kenntnisse in weiteren Kreisen zu verbreiten. Schk.

Vorlesungen über Experimentalphysik. Von August Kundt, weiland Professor an der Universität Berlin. Herausgegeben von Karl Scheel. Mit dem Bildnis Kundts, 534 Abbildungen und einer farbigen Spektraltafel. Braunschweig, F. Vieweg und Sohn, 1903. XXIV u. 852 S. M 15, geb. M 17,50.

Alle, die August Kundt kannten, liebten und verehrten ihn. Ein Blick auf sein prächtiges Bild genügt, um diese allgemeine Beliebtheit zu verstehen. Es war ein wahrer Genuß, einen physikalischen Vortrag Kundts zu hören, die behagliche Art des Redens, die Klarheit und Anschaulichkeit der Darstellung, die geistreich erdachten Anordnungen und die gewandte und sichere Ausführung der Versuche erregten das Entzücken des Zuhörers. Kundt war nicht nur ein hervorragender Forscher, sondern auch ein hochbedeutender Lehrer. Es ist daher ein großes Verdienst unseres verstorbenen Bernhard Schwalbe, daß er die Herausgabe von Kundts Vorlesungen über Experimentalphysik veranlaßt hat. Sie sind in der Form veröffentlicht, wie sie Kundt im Winterhalbjahr 1888/89 und im Sommerhalbjahr 1889 an der Berliner Universität gehalten hat. Als Unterlage diente eine Nachschrift, die im Auftrage Kundts angefertigt worden war und an manchen Stellen die Spuren der Überarbeitung durch ihn selbst zeigt. Die Herausgabe hat in dankenswerter Weise Karl Scheel

besorgt, der an dem Manuskript sachlich nichts geändert, sondern nur hier und da die Form geglättet hat. Mit Recht hat der Herausgeber davon Abstand genommen, durch Einfügung neuer Kapitel die Fortschritte der Wissenschaft im letzten Jahrzehnt zu berücksichtigen. So sehr man mit der Gestaltung des Textes einverstanden sein muß, so wenig befriedigt teilweise die Einfügung der Figuren in den Text. Der Teil der Figuren, der schon in der Handschrift angedeutet war, ist nicht zu beanstanden, der andere Teil, der von dem Herausgeber selbst bestimmt wurde, ist vielfach nicht zu billigen. Er und der Verleger, der im übrigen das Werk glänzend ausgestattet hat, haben dabei den Fehler gemacht, zwar sehr schöne, aber doch alte Holzschnitte des Verlags, die uns allen zumeist schon seit der Jugendzeit aus dem Müller-Pouillet u. s. w. bekannt sind, zu verwenden. Zwischen den Demonstrationsversuchen Müllers und Kundts besteht aber ein bedeutender Unterschied und man gewinnt daher ein falsches Bild von den Versuchen, die Kundt in seinen Vorlesungen ausgeführt hat. Es wäre dringend zu wünschen, daß entweder bei einer neuen Auflage der Vorlesungen in einem Anhange, oder in einem besonderen Werke die Versuche, die Kundt bei seinen Vorlesungen ausgeführt hat, unter Abbildung der von ihm benutzten Apparate und unter Angabe der erforderlichen Einzelheiten so veröffentlicht würden, daß der Leser in den Stand gesetzt wird, diese prächtigen Versuche mit Sicherheit zu wiederholen. Die Apparate werden wohl noch zu Straßburg und Berlin vorhanden sein, auch leben wohl noch die meisten von Kundts Vorlesungsassistenten, die die erforderlichen Angaben über Einzelheiten der Versuchsausführungen machen können.

Kundt war kein Freund umfangreicher mathematischer Entwicklungen, er zog es vor, die Beweise physikalischer Gesetze im engen Anschluß an die Tatsachen rein experimentell zu gestalten. Bezeichnend ist, wie G. Schwalbe in dem schönen Aufsatz über Leben und Wirksamkeit von August Kundt, der den Vorlesungen vorangestellt ist, mit Recht hervorhebt, die Behandlung der Mechanik. Kundt beginnt mit der Lehre von der Bewegung der Körper und geht nach der Behandlung der drei Newtonschen Sätze zu dem Prinzip der Erhaltung der Energie über, aus dem er die Lehre von dem Gleichgewicht der Körper ableitet. Auf diese Weise vermeidet er umfangreiche Rechnungen. Die geschichtliche Entwicklung ist zwar anders verlaufen, das Verfahren ist auch auf unseren höheren Schulen nicht verwendbar, doch ist dies ein Weg, auf dem man mathematisch Ungeschulte bequem und erfolgreich in die Mechanik einführen kann. Das Werk ist für den Lehrer der Physik auch dadurch von Bedeutung, daß es wirklich gehaltene Universitätsvorlesungen bietet und nicht ein Lehrbuch der Physik unter dem Titel von Vorlesungen ist. Er kann daher daraus die Grenzen zwischen dem physikalischen Lehrstoffe der Hochschulen und dem der höheren Lehranstalten mit Sicherheit entnehmen. Vor allem aber ist für ihn die Erkenntnis lehrreich, wie stoffarm diese Vorlesungen sind im Vergleich zu den an den höheren Lehranstalten eingeführten Lehrbüchern. Hier kann er klar sehen, wieviel veralteten Ballast er aus dem Lehrstoff hinauswerfen und wie er eine freiere Beweglichkeit im Unterricht gewinnen kann, um entweder einen höheren Standpunkt zu erklimmen oder goldene Schätze in der Tiefe zu suchen. Man kann zwar Kundts Lehrgang als Ganzes nicht in den höheren Schulen einschlagen, aber eine Fülle einzelner Entwicklungen im Unterricht mit großem Vorteil verwerten. Kundts Vorlesungen sind ein Werk, das in der Handbibliothek keines Physikers fehlen darf. Auch ist es trefflich zu Prämien für begabte Primaner geeignet. H.-M.

Naturlehre. Von Dr. Alois Lanner, k. k. Prof. an der Staats-Oberrealschule in Innsbruck. Mit 377 Figuren, einer Spektralkarte und 4 meteorologischen Karten in Farbendruck. Bearbeitet für die oberen Klassen der Mittelschulen auf Grund der mit Erlaß des hohen k. k. Ministeriums für Kultus und Unterricht vom 23. Februar 1900 veröffentlichten 2. Auflage des Lehrplanes und der Instruktionen für Gymnasien. Wien 1902, Jos. Roth, IV u. 378 S. M 4,50 geb. M 5,20.

Das Lehrbuch weicht von dem Lehrplan und den Instruktionen für österreichische Gymnasien nur so weit ab, als die Einheit der Darstellung es erforderte. Doch enthält es manches Eigenartige. Es schmiegt sich mehr als viele andere den Gebräuchen der neueren Physik an, so sind den Messungen das absolute Maßsystem zu Grunde gelegt, bei der Schreibung der Zahlen die Potenzen von 10 angewandt und die Vektoren frühzeitig eingeführt und vielseitig verwertet. Die thermodynamischen Teile sind breiter wie üblich ausgeführt, der Elektromagnetismus nach den heutigen Anschauungen dargestellt und die Elektrotechnik stark betont. Der Strahlengang im Galileischen Fernrohr ist endlich einmal richtig angegeben, doch wird irrtümlich behauptet, daß es ein großes Gesichtsfeld habe. Gerade die Kleinheit des Gesichtsfeldes beim Galileischen Fernrohre, zumal bei stärkeren Vergrößerungen, führte zum Bau der neuen Prismenfernrohre. Die optischen Instrumente sind nicht mit Hilfe der Lehre von der „Strahlenbegrenzung“ und des Begriffs der „Pupillen“ behandelt, obwohl eine elementare Darstellung möglich und zweckmäßig ist. In der Optik ist die Wellenlehre umfangreich zur Erklärung der Erscheinungen verwertet. Die Abbildungen des Buches sind ausgezeichnet, und der Verfasser hat

mit Vorliebe und Geschick geometrische Beweise und Veranschaulichungen benutzt. Mit der Stoffanordnung werden nicht alle Fachgenossen überall, z. B. bei der Lehre vom Magnetismus, einverstanden sein. Der Verfasser ist mit Absicht auf Einzelheiten der Apparate und der Versuche nicht eingegangen, dadurch büßt jedoch die Darstellung erheblich an anschaulichkeit ein. Die Ausdrucksweise ist zuweilen nicht bestimmt und klar genug. Wörter wie „Volumseinheiten“ (S. 3) und „Probette“ (S. 280) sind unzulässig. Der Druck ist zwar sorgfältig, doch greift die Schrift, namentlich der kleine Satz, der an manchen Stellen angewandt worden ist, nach meiner Erfahrung die Augen an. *H.-M.*

Kurzes Lehrbuch der analytischen Chemie in zwei Bänden von F. P. Treadwell, Prof. am Polytechnikum Zürich. II. Band. Quantitative Analyse. Mit 96 Abbildungen. Zweite vermehrte und verbesserte Auflage. Leipzig und Wien, Franz Denticke, 1903. X und 568 S. Preis ungebunden 11 M.

Der Anleitung zur qualitativen Analyse, die ich vor Jahresfrist an dieser Stelle besprochen habe, ist nun der zweite Band gefolgt, der die quantitative Analyse behandelt. Auch hier beweist der Verf. großes Geschick in der Auswahl und der Darstellung des überreichlichen Materials.

Großes pädagogisches Talent geht mit einer seltenen wissenschaftlichen Exaktheit Hand in Hand. Wie kritisch und gründlich der Verf. vorgeht, zeigt gleich auf den ersten Seiten die Bestimmung des Kaliums und die Trennung des Kaliums vom Natrium oder die Bestimmung des Eisens, bei welcher er einen nicht unerheblichen Fehler, der oft gemacht wird, umgeht. Neuen oder wenig bekannten Methoden werden stets Belege beigegeben; des öfteren werden von anderen Forschern ausgearbeitete Methoden modifiziert und gewisse Fehler vermieden. Es sind wenige Methoden aufgenommen, die der Verf. nicht selbst nachgeprüft hat; in den wenigen Fällen bürgt der Name des Autors für die Brauchbarkeit. Mustergültig in ihrer Knappeit und Klarheit sind die dem speziellen Teil vorangeschickten Bemerkungen über direkte und indirekte Analysen, Wagen und Gewichte und über die häufigsten Manipulationen beim quantitativen Arbeiten. Auch ein langjähriger Analytiker wird hier neue praktische Winke finden. Mit guten, instruktiven Abbildungen ist nicht gespart. Außer einem guten Register sind dem Buch physikalisch-chemische Tabellen, Logarithmen und eine Faktorentafel beigegeben.

Im speziellen Teil beginnt der Verf. stets mit einer kurzen, präzisen Darlegung des Prinzips der Methode, ehe er die technischen Einzelheiten angibt. Er legt es nicht darauf an, viel Methoden zu geben, aber was er bringt, ist klar und zuverlässig. Die Analyse von selteneren Metallen und Säuren (Gold, Platin und ihre verschiedenen Legierungen u. a. m.) wird mit der gleichen Sorgfalt und Kritik behandelt wie die der häufiger vorkommenden Elemente; auf so spezielle Dinge, wie die Trennung der seltenen Erden, geht er nicht ein. Die Anordnung der Substanzen nach analytischen Gruppen und die Reichhaltigkeit des Stoffes bringt es mit sich, daß das Buch für Schulen, selbst für Oberrealschulen, nicht verwendbar ist, um so größere Dienste kann es dem Lehrer (und älteren Studenten) leisten. Das ganze Buch ist mit gesundem, modernem Geist getränkt. Wie sehr die modernen Anschauungen die analytische Chemie befruchten können, sieht man z. B. an der eleganten Trennmethode von Zink und Nickel, die der Verf. erdacht hat, oder bei der Alkali- und Acidimetrie. Wie reich das Repertoire eines modernen Chemikers ist, erhellt beispielsweise aus dem Abschnitt „Schwefelwasserstoffsäure“, wo titrimetrische, kolorimetrische und eine Fülle von gravimetrischen Methoden miteinander abwechseln. — Im letzten Drittel des Buches werden Maß- und Gasanalyse behandelt. Auch hier ist die Auswahl der besprochenen Methoden und Substanzen vom theoretischen wie praktischen Gesichtspunkt gleich gut. Auf einige wenige nebensächliche Dinge, die mir zweifelhaft erscheinen, möchte ich nicht eingehen, aber in einem prinzipiellen Punkt muß ich meine Bedenken äußern. Ist es praktisch, beim Titrieren mit dem veralteten Mohrschen und bei der Gasanalyse mit dem allein wissenschaftlich berechtigten wahren Liter zu rechnen? Wenn ein so gutes Buch wie das vorliegende (das hoffentlich eine entsprechende Verbreitung findet) eine antiquierte Maßeinheit, die allmählich zu verschwinden anfängt, empfiehlt, so ist das im Interesse der dringend zu wünschenden Einheitlichkeit nicht zu billigen.

W. Roth.

Allgemeine chemische Technologie. Von Dr. G. Rauter. Sammlung Göschen. Leipzig, G. J. Göschen, 1903. 149 S. M 0,80.

Das Buch gibt eine ganz kurzgefaßte Übersicht, die alle Gebiete zu berücksichtigen sucht. Mit dem Bestreben, auf knappem Raum möglichst viel zu bieten, ist natürlich Gründlichkeit nicht vereinbar. Doch hätte beispielsweise bei der Erörterung der Wasserreinigung und der Abwässer irgend ein Hinweis auf die Bedeutung der Mikroorganismen gemacht werden können. Das Büchlein kann als Schülerlektüre Verwendung finden.

O.

Abrifs der allgemeinen oder physikalischen Chemie. Als Einführung in die Anschauungen der modernen Chemie bearbeitet von Dr. C. Arnold, Prof. a. d. Kgl. Tierärztl. Hochschule zu Hannover. Hamburg u. Leipzig, L. Voß, 1903. 123 S. Geb. M 2.

Der vorliegende kleine Abriß stellt einen erweiterten Abdruck der ersten Abteilung des bekannten „Repetitorium der Chemie“ desselben Verfassers dar. Bei Gelegenheit der letzten Neuauflagen dieses Buches waren die Vorzüge des allgemeinen Teiles — der in großen Zügen die modernen Anschauungen wiedergibt — bereits in dieser Zeitschrift hervorgehoben, sodaß es genügt, auf die vorliegende Sonderausgabe aufmerksam zu machen.

O.

Programm-Abhandlungen.

Untersuchungen über die Grundlagen der Raum- und Zeitmessung. Von Dr. Hermann Wehner. R.-G. und Realschule zu Plauen i. V. Ostern 1903. Pr. Nr. 635. 33 S.

An der Hand der geschichtlichen Entwicklung werden die Grundlagen zunächst der Raummessung besprochen, neuere Vorschläge von Naturmaßen (wie die Wellenlänge des Lichts) erörtert und für unbrauchbar erklärt und die neueren Untersuchungen über die mögliche Abhängigkeit einer Strecke vom Ort unter besonderer Berücksichtigung von Houël (1863) und Helmholtz einer Kritik unterzogen, in der insbesondere auch die Helmholtzschen Aufstellungen beanstandet werden. Auch die Frage des absoluten Raumes wird bei dieser Gelegenheit gestreift. Ähnliche Betrachtungen werden darauf auch über die Zeitmessung angestellt, u. a. auch die jüngsten Darlegungen von Lippmann über die Möglichkeit eines absoluten Zeitmaßes in die Betrachtung hineingezogen. Die Frage der absoluten Zeit wird wie die des absoluten Raumes in ablehnendem Sinn beantwortet. Die Schwierigkeit, die in der Reziprozität der Definitionen von gleichförmiger Bewegung und von gleichen Zeiten liegt, wird durch Hinweis auf den historischen Tatbestand einer noch unabgeschlossenen Entwicklung gelöst. An der Möglichkeit eines konstanten Zeitmaßes wird selbst im Hinblick auf die Veränderlichkeit der Dauer der Erdumdrehung festgehalten.

P.

Der leere Raum. Von Aurel Kiebel. Gymnasium zu Mies. 1903. 19 S.

Der Verfasser gibt für Mittelschüler eine kurze Übersichten der Ansicht über den leeren Raum vom Altertum bis zum Jahrhundert XVI und teilt in wörtlichen Übersetzungen den Brief Torricellis an Ricci, eine Stelle aus Pascals Brief an Périer und den Bericht des letzteren über seine Besteigung des Puy de Dôme mit. Im Anschluß daran stellt er seine mit den Schülern gemachten Beobachtungen über die Abhängigkeit des Luftdrucks von der Seehöhe zusammen.

P.

Ein Schulapparat für den Nachweis magnetischer, elektromagnetischer und elektrodynamischer Gesetze. Von Friedrich Schütz. Höhere Staatsschule in Cuxhaven. Ostern 1903. Pr. Nr. 833. Mit 15 Fig. 14 S.

Der Verfasser wendet die Methode der schwimmenden Ströme nach De la Rive an, bringt diese aber nicht an einem Kork an, sondern hängt sie an Seidenfäden auf. Jedes Element besteht aus einer Kupfer- und einer amalgamierten Zinkplatte, die in verdünnte Schwefelsäure tauchen, der Stromkreis wird geschlossen durch einen rechteckigen oder kreisförmigen Draht, oder ein Solenoid. Die Stromleiter werden an einem Stativ von ca. 42 cm Höhe aufgehängt, andere feste Stromleiter werden ihnen genähert und dadurch die elektrodynamischen Wirkungen hervorgebracht. Die rein magnetischen Erscheinungen werden mit kurzen Magneten angestellt, die durch Kreisscheiben aus Pappe gesteckt und ebenfalls an Fäden aufgehängt sind; die Pappschichten sind einerseits rot, andererseits grün gefärbt und zeigen die Pole weithin sichtbar an. Durch herabhängende Kupferplatten, die in Wasser tauchen, wird rasche Dämpfung bewirkt. Auch die elektromagnetischen Wirkungen lassen sich mit diesen Magneten bequem vorführen. Das ganze Apparatensystem ist überaus einfach und zur Selbstanfertigung geeignet.

P.

Versammlungen und Vereine.

Ferienkurs an der Universität Erlangen 1903.

In der Zeit vom 15. bis einschließlich 20. Juli 1903 wurde an der kgl. Universität Erlangen für Lehrer der Mathematik und Physik an den humanistischen und technischen Mittelschulen Bayerns ein Ferienkurs abgehalten. Zu demselben hatten sich 46 Teilnehmer eingefunden, unter diesen auch Herr Oberstudienrat Rektor Dr. RECKNAGEL aus Augsburg.

Bereits am Vorabend der Eröffnung hatte der Leiter des Kurses Herr Universitätsprofessor Dr. E. WIEDEMANN die Teilnehmer in aufmerksamster Weise begrüßt. Zur Eröffnung selbst fand

sich auch Se. Magnifizenz der kgl. Prorektor und Universitätsprofessor Herr Dr. MÜLLER ein und richtete herzliche Worte der Begrüßung an die Versammlung.

Folgende Vorträge und Übungen wurden abgehalten: Prof. Dr. GORDAN: Über den Fundamentalsatz der Algebra. — Prof. Dr. NÖTHER: Über Interpolation und mechanische Quadratur. — Prof. Dr. WIEDEMANN: Elektrische Schwingungen, Strahlungen, Energieübertragung. Vorführung von Demonstrationsapparaten u. s. w. — Prof. Dr. SCHMIDT: Die neuen Anschauungen auf dem Gebiete der physikalischen Chemie. — Privatdozent Dr. WEHNELT: Über Elektrotechnik, Ferntelegraphie, oszillatoriische Entladungen. — Prof. Dr. FISCHER: Vorführung von elektrochemischen Prozessen. — Prof. Dr. LENK: Über den geologischen Bau Nordbayerns. — Prof. Dr. SOLEREDER: Über die biologischen Anstalten des botanischen Institutes. — Prof. Dr. FLEISCHMANN: Über Schutzfärbung der Insekten. — Prof. Dr. PECHUEL-LÖSCHE: Die Ergebnisse der neueren Tiefseeforschung. — Prof. Dr. FALCKENBERG: Über Induktion. — Prof. Dr. HARTWIG, Direktor der Sternwarte Bamberg: Über Lichtwechsel der Sterne. — An der Leitung der physikalischen Übungen war auch Herr Dr. REIGER beteiligt. Außerdem war Gelegenheit geboten, sich praktisch in der Photographie, besonders in der Herstellung von Diapositiven, auszubilden.

Am Sonntag, den 19. Juli wurde eine biologisch-geologische Exkursion in die fränkische Schweiz unternommen. Herr Major Dr. Neischl erfreute die Teilnehmer an der Exkursion durch Überreichung von selbstaufgenommenen Skizzen des Exkursionsgebietes, und die Herrn Prof. Dr. Lenk, Dr. Solereder und Dr. Schmidt sowie Herr Dr. von Knebel gaben auf der Exkursion selbst wissenschaftliche Aufklärungen aus dem Gebiete der Geologie, Botanik, Physik und Höhlenbildung.

Am Dienstag, den 21. Juli wurde die mechanische Buntweberei vormals Weber & Ott in Forchheim besucht und hierauf die Sternwarte und der Dom in Bamberg eingehend besichtigt. Jeder Abend vereinigte überdies die Teilnehmer des Kurses zu anregendem Gedankenaustausch.

Fr. Adami.

Mitteilungen aus Werkstätten.

Apparat für Transversalschwingungen elastischer Stäbe.

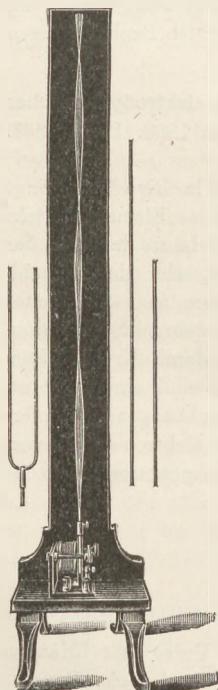
Von P. E. Kappert in Metten.

Aus der Werkstätte von E. Leybolds Nachfolger in Cöln.

Es ist ein wenig lohnender Schulversuch, durch einen Stoß oder Schlag einen elastischen Stab in Schwingungen zu versetzen, um die Stabtransversalwellen zu zeigen, weil die Amplitude viel zu rasch abnimmt. Durch andauernde, gleichmäßig auf einander folgende, wenn auch schwache Stöße erreicht man dagegen selbst bei kurzen und dünnen Stäben ein befriedigendes Resultat. Dieses geschieht bei einem Apparat, welchen die Firma „E. Leybolds Nachfolger in Cöln“ anfertigt, und welcher in folgendem kurz beschrieben wird.

Vor einem mattschwarzen Brette ist ein Wagnerscher Hammer angebracht, in dessen Ende verschieden lange Stäbe, auch stimmgabelförmig gebogene Drähte mittels einer Schraube festgeklemmt werden können. Im allgemeinen ist zum Inbetriebsetzen des Hammers ein Strom von 4 V. und etwa 0,3 A. erforderlich, indessen ist es zweckmäßig, zwischen Apparat und Stromquelle einen Regulierwiderstand einzuschalten, um die für jeden Stab passende Stromstärke leicht herstellen zu können. Je nach der Länge des Stabes und der Stellung der beiden am Hammer befindlichen Schrauben bilden sich 1, 2 oder mehr Knoten und Bäuche aus.

Der Versuch kann auf dem Experimentiertisch vor einer großen Klasse ausgeführt werden. Die stehenden Transversalwellen der weißen Stäbe heben sich von dem schwarzen Hintergrunde mit gleichbleibender Schwingungsweite während beliebig langer Zeit mit einer solchen Deutlichkeit ab, daß sie bequem photographiert werden können.



Hält man den schwingenden Stab an einer Knotenstelle mit 2 Fingern fest, so wird an der Bewegungerscheinung nichts geändert, wohl aber werden die Schwingungen gestört oder aufgehoben, sobald man den schwingenden Stab an einer anderen Stelle berührt oder festhält.

Korrespondenz.

Berichtigung. In dem Aufsatz von W. ROTH über den jetzigen Stand der Dissoziations-theorie (Heft 4) muß es auf S. 218 nach der ersten Formel heißen: „darin bedeutet N die Gesamt-Konzentration des Elektrolyten“.

Bei der Redaktion eingegangene Bücher und Schriften.

J. C. Poggendorff's biographisch-literarisches Handwörterbuch zur Geschichte der exakten Wissensch. IV. Band, herausgegeben von A. J. von Oettingen. Lief. 8—11. à M 3. Leipzig, Johann Ambr. Barth, 1903. — **H. v. Helmholtz**, Einleitung zu den Vorlesungen über theoretische Physik, herausgegeben von A. König und C. Runge. Mit 4 Figuren und 1 Portrait. Leipzig, Johann Ambr. Barth, 1903. 50 S. M 3. — **Ostwalds Klassiker der exakten Wissenschaften**. Nr. 135. Allgemeine Grundlagen einer Theorie der Gestalt von Flüssigkeiten u. s. w. von Karl Friedr. Gauß. 72 S. M 1,20. — Nr. 137. Abhandlungen zur Thermodynamik chemischer Vorgänge von Aug. Horstmann. 72 S. M 1,20. — Nr. 138. Über den Stoß und über die Zentrifugalkraft von Chr. Huygens. 79 S. M 1,40. — Nr. 139. Thermodynamische Abhandlungen über Molekulartheorie und chemische Gleichgewichte von C. M. Guldberg. 85 S. M 1,50. — Nr. 20. Abhandlung über das Licht von Chr. Huygens. (2. Aufl.) 115 S. M 2. — Nr. 21. Über die Wanderungen der Ionen von W. Hittorf. 1. Teil. (2. Aufl.) 115 S. M 1,60. — Leipzig, Verlag von Wilhelm Engelmann, 1903. — **A. Helfenstein**, Die Energie und ihre Formen. Kritische Studien. Leipzig und Wien, Franz Deuticke, 1903. 152 S. M 4,20. — **H. Rudolph**, Luftelektrizität und Sonnenstrahlung. 24 S. M 1. — **F. Kerntler**, Das Ampèresche elektrodynamische Potential. 17 S. Budapest, Lloyd-gesellschaft, 1903. — **W. Herz**, Über die Lösungen. Leipzig, Veit & Co., 1903. 50 S. M 1,40. — **S. Toeche-Mittler**, Zur Molekulargewichtsbestimmung nach dem Siedeverfahren. Berlin, E. S. Mittler und Sohn. 57 S. — **A. Stange**, Die Zeitalter der Chemie in Wort und Bild. Leipzig, Paul Schimmelwitz. 1. Lief. 42 S. M 1,50. — **W. Donle**, Lehrbuch der Experimentalphysik. 2. Auflage. Stuttgart, Fr. Greb, 1903. 380 S. Geb. M 3,60. — **A. Hoffmann**, Mathematische Geographie. Ein Leitfaden zunächst für die oberen Klassen höherer Lehranstalten. 5. verb. Aufl. Bearb. von J. Plassmann. 172 S. — **H. Hlasiwetz**, Anleitung zur qualitativen chemischen Analyse. 13. Aufl. Von Dr. G. Vortmann. Leipzig und Wien, Franz Deuticke, 1904. 51 S. M 1. — **H. Bauer**, Telegraphie ohne Draht, Röntgenstrahlen, Teslamagnet. Berlin, C. Duncker, 1903. 230 S. M 4. — **G. Pizzighelli**, Die photographischen Prozesse. Dargestellt für Amateure und Touristen. (Handbuch der Photographie, Bd. II). 3. verb. Auflage. Bearb. von C. Mischewski. Mit 221 Abbildungen. 539 S. M 8. — **F. Stolze**, Chemie für Photographen (Enzyklopädie der Photographie, Heft 46). Halle a. d. S., Wilhelm Knapp, 1903. 179 S. M 4. — **A. v. Hübl**, Die Ozotypie. (Enzyklopädie der Photographie, Heft 47.) Verlag w. v. 44 S. M 2. — **F. Mühlberg**, Zweck und Umfang des Unterrichts in der Naturgeschichte an höheren Mittelschulen mit besonderer Berücksichtigung der Gymnasien. (Samml. naturw. pädagog. Abhdl. Heft 1.) B. G. Teubner, 1903. 52 S. M 1,20. — **P. Schlee**, Schülerübungen in der elementaren Astronomie. (Samml. naturw. pädagog. Abhdl. Heft 2.) 15 S. M 0,50.

Sonderabdrücke: B. Walter, Über die Entstehungsweise des Blitzes. Mit 5 Tafeln. Jahrbuch der hamburg. wissensch. Anstalten XX, 1903. 37 S. — K. Haas, Beobachtung und Experiment. Ein Vortrag. Populäre Vorträge an den Elternabenden des Mariahilfer Gymn. in Wien. Franz Deuticke, 1903. — H. Kleinpeter, Die Bedeutung der modernen naturwissenschaftl. Erkenntniskritik für die Organisation des höh. Schulwesens. Pädagog. Archiv Mai 1903. — F. Emde, Das Giorgische Maßsystem. Ztschr. f. Elektrotechn. 1903, Heft 23.

Himmelserscheinungen im Oktober und November 1903.

Mondfinsternis am 6. Okt., teilweise sichtbar in Berlin. Der Mond geht für Berlin um $17^h 35^m$ M.E.Z. noch teilweise verfinstert auf, tritt um $17^h 54^m,7$ aus dem Kernschatten, und um $19^h 7^m,9$ auch aus dem Halbschatten der Erde.

Sternbedeckungen für Berlin: Okt. 10, α Tauri. Eintr.: $21^h 16^m,6$ M.E.Z., $Q = 89^\circ$. Austr.: $22^h 12^m,2$ M.E.Z. $Q = 249^\circ$. — Nov. 6, α Tauri. Der Stern bleibt für Berlin $3''$ südlich vom Mondrande, größte Nähe um $20^h 23^m,8$. $Q = 178^\circ$. — Nov. 9, λ Gemin. Eintr.: $21^h 39^m,7$ M.E.Z. $Q = 69^\circ$. Austr.: $22^h 30^m,3$ M.E.Z. $Q = 294^\circ$.

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

	Oktober						November					
	2	7	12	17	22	27	1	6	11	16	21	26
♀ { AR	12 ^h 35 ^m	12.18	12.12	12.21	12.41	13. 8	13.37	14. 8	14.39	15.10	15.42	16.15
D	— 7 ^o	— 3 ^o	— 1 ^o	— 0 ^o	— 2 ^o	— 5 ^o	— 8 ^o	— 12 ^o	— 15 ^o	— 18 ^o	— 20 ^o	— 22 ^o
♀ { AR	11 ^h 0 ^m	10.58	11. 1	11. 6	11.15	11.26	11.39	11.53	12. 9	12.26	12.44	13. 3
D	— 1	+ 0	+ 1	+ 2	+ 2	+ 2	+ 1	+ 0	— 1	— 2	— 3	— 5
♂ { AR	12 ^h 30 ^m	12.48	13. 6	13.25	13.44	14. 3	14.22	14.42	15. 2	15.22	15.43	16. 4
D	— 3	— 5	— 7	— 9	— 11	— 12	— 14	— 16	— 17	— 19	— 20	— 21
♂ { AR	16 ^h 19 ^m	16.35	16.50	17. 6	17.22	17.38	17.54	18.11	18.27	18.44	19. 1	19.17
D	— 23	— 23	— 24	— 24	— 25	— 25	— 25	— 25	— 25	— 24	— 24	— 24
♃ { AR		23. 8		23. 5		23. 2		23. 1		23. 1		23. 3
D		— 7		— 8		— 8		— 8		— 8		— 8
♃ { AR	20 ^h 21 ^m						20.23					
D	— 20						— 20					
⊙ Aufg.	6 ^h 2 ^m	6.11	6.20	6.29	6.38	6.47	6.56	7. 5	7.15	7.24	7.33	7.41
⊙ Unterg.	17 ^h 36 ^m	17.24	17.13	17. 2	16.51	16.41	16.31	16.21	16.13	16. 5	15.58	15.53
♂ Aufg.	15 ^h 53 ^m	17.55	21.23	21.12	8.29	12.53	15. 8	17.35	22.43	3.45	9.18	12.23
♂ Unterg.	1 ^h 21 ^m	6.50	12.22	15.38	18. 6	22. 8	2.19	8. 6	12.38	15. 2	18. 7	22.58
Sternzeit im mittl. Mittg.	12 ^h 39 ^m 58 ^s	12.59.41	13.19.24	13.39. 6	13.58.49	14.18.32	14.38.15	14.57.57	15.17.40	15.37.23	15.57. 6	16.16.48
Zeitgl.	— 10 ^m 18 ^s	— 11.50	— 13.13	— 14.23	— 15.18	— 15.56	— 16.17	— 16.19	— 15.59	— 15.18	— 14.16	— 12.54

Mittlere Zeit = wahre Zeit + Zeitgleichung.

Mondphasen in M.E.Z.	Neumond	Erstes Viertel	Vollmond	Letztes Viertel
Okt. 20, 16 ^h 30 ^m Nov. 19, 6 ^h 10 ^m	Okt. 28, 9 ^h 33 ^m Nov. 27, 6 ^h 37 ^m	Okt. 6, 16 ^h 24 ^m Nov. 5, 6 ^h 28 ^m	Okt. 13, 20 ^h 57 ^m Nov. 12, 3 ^h 46 ^m	

Planetensichtbarkeit	Merkur	Venus	Mars	Jupiter	Saturn
im Oktober	morgens in der Mitte des Monats etwa 3/4 St. sichtbar	1—3½ St. als Morgenstern sichtbar	1—5/4 St. abends sichtbar	noch fast die ganze Nacht hindurch sichtbar	abends zuletzt noch 4½ St. lang sichtbar
im November	unsichtbar	3½—4 St. morgens sichtbar	1¼—1¾ St. abends sichtbar	zuletzt abends noch 6¾ St. lang sichtbar	abends zuletzt noch 3 St. lang im SW sichtbar

Phänomene der Jupitermonde.

M.E.Z.			M.E.Z.			M.E.Z.		
Okt. 2	22 ^h 40 ^m 39 ^s	I A.	Okt. 25	22 ^h 55 ^m 49 ^s	I A.	Nov. 14	18 ^h 31 ^m 24 ^s	III A.
5	20 12 8	II A.	Nov. 3	19 20 14	I A.	17	23 11 26	I A.
9	22 25 12	III A.	6	19 56 15	II A.	19	17 40 24	I A.
11	19 4 52	I A.	8	20 57 27	IV E.	21	19 38 0	III E.
12	22 48 12	II A.	23	45 29	IV A.	22	33 23	III A.
16	23 25 26	III E.	10	21 15 49	I A.	25	17 54 40	IV A.
18	21 0 19	I A.	13	22 33 19	II A.	26	19 36 1	I A.

Veränderliche Sterne:

Datum	M.E.Z.	Datum	M.E.Z.	Datum	M.E.Z.
Okt. 12	21 ^h	β Lyrae-Max.	Okt. 31	20 ^h 59 ^m	λ Tauri-Min.
18		R Lyrae-Max.	Nov. 1	22 ^h	η Aquilae-Max.
18	22 ^h 41 ^m	Algol-Min.	4	20 ^h	ζ Gemin.-Min.
21	19 ^h 30 ^m	Algol-Min.	6	20 ^h	η Aquilae-Min.
23	23 ^h 15 ^m	λ Tauri-Min.	9	20 ^h	ζ Gemin.-Max.
27	22 ^h 7 ^m	λ Tauri-Min.	10	21 ^h 12 ^m	Algol-Min.

Dr. F. Koerber.

Nachdruck nur mit Quellenangabe und mit Genehmigung der Verlagshandlung gestattet.