

Zwei Modelle zur Optik.

Von

Prof. Dr. **Walter König** in Gießen.

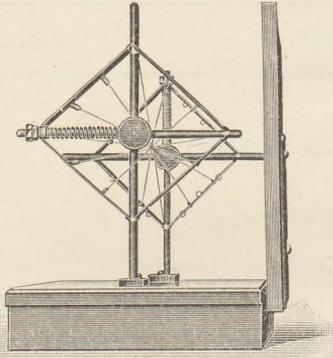
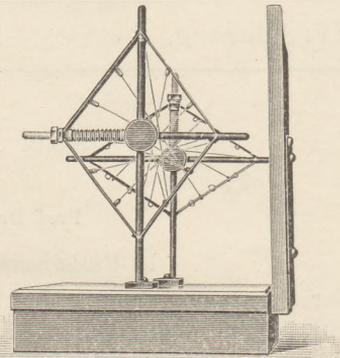
I. Fadenmodell zum Astigmatismus.

Zur Veranschaulichung der Eigenschaften von homozentrischen und astigmatischen Strahlenbüscheln dienen die bekannten Fadenmodelle, wie sie z. B. von Apel in Göttingen geliefert werden¹⁾. Bei diesen Modellen sind die Fäden an festen Grundplatten befestigt, und jede Art von Strahlenbündeln bedarf eines besonderen Modelles. Will man in der Vorlesung über Optik den typischen Unterschied eines astigmatischen von einem homozentrischen Strahlenbündel demonstrieren, so erscheint es mir besonders anschaulich, wenn man die Spaltung des Brennpunktes in zwei Brennlinien an einem einzigen Modell durch Verlagerung der Fäden vorführen kann. Zu diesem Zwecke müssen die Fäden nicht an festen Grundplatten, sondern an einem Rahmen befestigt sein, dessen Gestalt verändert werden kann. Die Ausführung ist in verschiedenen Formen möglich. Da homozentrische Strahlenbüschel in der Regel in Form eines Doppelkreiskegels dargestellt werden, so liegt es nahe, hiervon auszugehen, die Rahmen als kreisförmig gebogene Ringe aus dünnem Stahlblech herzustellen und diese Ringe durch Zusammendrücken längs eines Durchmessers in ellipsenähnliche Gestalt zu deformieren. Führt man dies an den beiden Rahmen, zwischen denen die Fäden ausgespannt sind, so aus, daß die Zusammendrückungsrichtung des einen Rahmens senkrecht zu derjenigen des anderen Rahmens steht, so deformiert sich das ursprünglich homozentrische Strahlenbüschel in ein astigmatisches. Aber der Fall liegt bei diesem Modell komplizierter, als der gewöhnlichen Darstellung des Astigmatismus entspricht; denn die Schnittpunkte der Fäden liegen nicht auf zwei Geraden, sondern auf zwei stark gekrümmten Kurven. Sollen die Brennlinien des astigmatischen Strahlenbündels zwei Gerade sein, so müssen die Rahmen, die die Fäden tragen, die Gestalt von Quadraten haben, die sich in Rhomben deformieren lassen. Dieser Art ist das in den Figuren 1—4 abgebildete Modell.

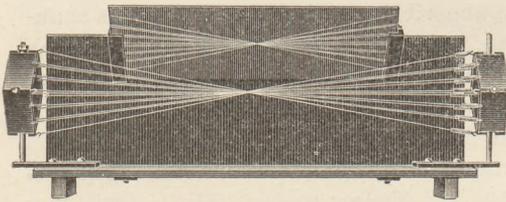
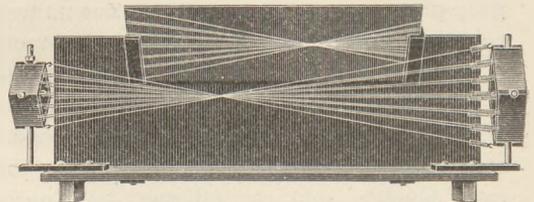
Vier gerade Messingstreifen sind durch Scharniere zu einem Viereck verbunden; durch Löcher in den Ecken des Vierecks gehen Stahlstäbe, die ein rechtwinkliges Achsenkreuz bilden. Die Mitte dieses Achsenkreuzes wird durch einen Halter getragen, und mittels dieser Träger sind die beiden Rahmen auf einem Grundbrett, in einem Abstände von etwa 60 cm einander gegenüberstehend, befestigt. Die eine Achse des Achsenkreuzes trägt außen ein Schraubengewinde mit Mutter und innen eine Gegen-druck übende Spiralfeder. Durch Anziehen der Schraubenmutter kann der ursprünglich quadratische Rahmen (Fig. 1) in einen Rhombus (Fig. 2) deformiert werden, wobei die Ecken des Vierecks auf dem Achsenkreuze gleiten. Die Rahmen sind an ihren einander zugewandten Seiten mit gleichmäßig über den Umfang verteilten Löchern besetzt, in denen die Fäden befestigt werden. Um jedoch ein Zerschneiden der Fäden

¹⁾ W. Dyck, Katalog mathematischer und mathematisch-physikalischer Modelle, Apparate und Instrumente. München 1892. S. 280.

durch die Schärfe der Lochränder zu verhindern, und um die Fäden dauernd gespannt zu halten, erfolgt die Befestigung der Fäden an dem einen Rahmen mittels zwischengeschalteter kleiner Drahringe, an dem anderen Rahmen unter Zwischenschaltung von feinen, aus dünnem Stahldraht hergestellten Spiralfedern.

Fig. 1. $\frac{1}{5}$ n. Gr.Fig. 2. $\frac{1}{5}$ n. Gr.

Den Verlauf der Fäden bei quadratischer Gestalt der beiden Rahmen zeigt in kleinerem Maßstabe Fig. 3. Die Druckachse liegt bei dem rechten Rahmen horizontal, bei dem linken vertikal. Werden die Schraubenmuttern angezogen, so teilt sich der Brennpunkt in zwei genau geradlinige Brennlinien, die mit wachsender Verzerrung der Rahmen immer weiter auseinanderrücken. Um diesen Vorgang auf einmal überblicken zu können, kann an die vertikale Hinterwand des Apparates ein unter 45° geneigter Spiegel gehängt werden. Blickt man dann genau von vorn auf den Apparat, so sieht man die horizontale Brennlinie als Einschnürung des direkt gesehenen Bündels, die vertikale als Einschnürung im Spiegelbilde (Fig. 4), und man erkennt aus der gegen-

Fig. 3. $\frac{1}{10}$ n. Gr.Fig. 4. $\frac{1}{10}$ n. Gr.

seitigen Lage dieser beiden Einschnürungen, daß die Einschnürung nicht mehr in einem Punkte des Bündels, sondern in zwei getrennten Linien erfolgt, die bei abnehmender Deformation zusammenrücken und schließlich in den einen Brennpunkt zusammenfallen.

Damit die Fäden sich bei der Verzerrung des Bündels aus dem Brennpunkte lösen und gerade Linien bleiben, ohne sich gegenseitig zu hemmen, ist natürlich ein bestimmtes System erforderlich, nach dem sie gegeneinander gespannt werden müssen. Das hat zur Folge, daß beim Übergang zum homozentrischen Strahlenbüschel die Fäden sich nicht genau zu einem Punkt zusammenschließen, sondern bei der besonderen Art ihres Durcheinanderlaufens wegen ihrer räumlichen Ausdehnung einen kleinen Brennkörper bilden, der statt des Brennpunktes noch immer zwei ganz dicht beieinander liegende ganz kurze Brennlinien besitzt. Dieser Übelstand, der sich übrigens bei der Betrachtung aus der Entfernung kaum bemerkbar macht, tritt natürlich um so weniger hervor, je weniger Fäden das Modell hat, und je dünner sie sind.

II. Apparat zur Demonstration des Strahlenganges beim Regenbogen.

Die Erscheinung des Regenbogens ist früher wohl ausschließlich in der Weise demonstriert worden, daß man sie mit Hilfe einer mit Wasser gefüllten Glaskugel (Schusterkugel) nachgeahmt hat. Damit kann man die Entstehung der bogenförmigen Spektren und das Vorhandensein und den Unterschied des inneren und äußeren Bogens gut veranschaulichen, vorausgesetzt, daß der auffangende Schirm genügend weit von der Kugel entfernt ist. Bei zu geringem Abstand verwischen sich die Erscheinungen, weil der äußere und der innere Bogen sich in einem gewissen Abstände durchschneiden. Das Verfahren hat aber den Übelstand, daß es den Strahlengang im Innern der Kugel nicht klar zu erkennen gestattet. Dafür ist es zweckmäßiger, einen flachen Zylinder voll fluoreszierenden Wassers zu verwenden. Dieser Art ist Stromans neue Gestaltung der Tyndallschen Trommel²⁾ und ebenso Grimsehl's Regenbogen-Apparat³⁾. In diesen Fällen ist der Strahlengang im Innern gut zu verfolgen;

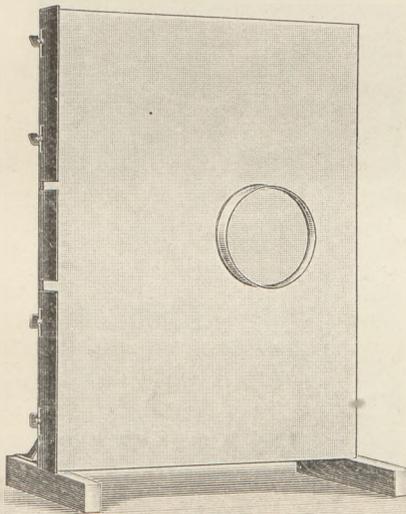


Fig. 5.

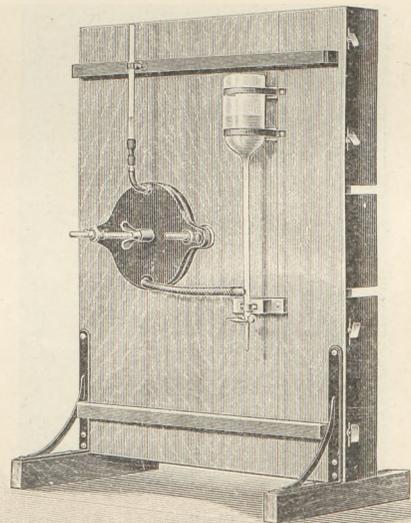


Fig. 6.

aber der äußere Verlauf der Strahlen wird auch hier nur durch Auffangen der Strahlen auf einem senkrecht zu ihnen in einiger Entfernung von dem Zylinder aufgestellten Schirme sichtbar gemacht. Ich habe mich bemüht, den Apparat so zu verbessern, daß der gesamte Strahlengang in der gleichen Weise, nämlich durch Hinwegstreichen des Lichtes über eine zu den Strahlen nahezu parallele weiße Tafel, sichtbar wird — eine Art der Demonstration des Verlaufs von Lichtstrahlen, die ich überhaupt für besser halte als die sonst übliche Sichtbarmachung durch Rauch in Luft und Fluoreszenz in Wasser, weil die hellen Linien auf der Tafel von allen Seiten in gleicher Weise gesehen werden, während flache Lichtbänder in Rauch oder fluoreszierendem Wasser nur bei genauer Ansicht von vorn als schmale Strahlen erscheinen. Der Apparat hat schließlich folgende Form erhalten.

Ein Reißbrett von 55 cm Breite und 71 cm Höhe ist auf geeigneten Füßen vertikal aufgestellt und auf seiner Vorderseite mit weißem Papier bespannt. An derjenigen Kante, die der Beleuchtungslampe zugekehrt ist, trägt es schwarze Blechschirme, die in Schlitzten verschiebbar und mit Schrauben festzuklemmen sind. Sie

²⁾ A. Stroman, diese Zeitschr. 18, S. 78, 1905.

³⁾ E. Grimsehl, ebenda, 20, S. 213, 1907.

gestatten, das einfallende Parallelstrahlenbündel in passender Weise abzugrenzen, je nachdem es als volles Strahlenbündel oder in Form eines oder zweier schmaler Strahlen auf den Wasserzylinder auffallen soll. Dieser wird hergestellt mit Hilfe einer Kristallisierschale, die von hinten her durch einen kreisförmigen Ausschnitt des Reißbrettes hindurchgeschoben wird. Fig. 5 zeigt den Apparat in seiner Vorderansicht und läßt die Lage des Zylinders etwas seitwärts von der Mitte des Brettes erkennen. Fig. 6 zeigt die Rückseite. Die Kristallisierschale ist auf einen Messingboden gekittet, der in zwei seitlichen Ansätzen Röhren trägt, mit denen er auf zwei auf dem Holzbrett befestigten Messingstäben gleitet. Diese Anordnung gestattet, die Höhe des Wasserzylinders vor der weißen Ebene der Vorderseite nach Belieben einzuregulieren. Durch die Mitte des Messingbodens geht eine Schraube, die an ihrer Vorderseite im Innern der Glasschale eine weiß lackierte, den Querschnitt der Schale möglichst ausfüllende Messingscheibe trägt. Ist die Höhe des Wasserzylinders durch Verschieben

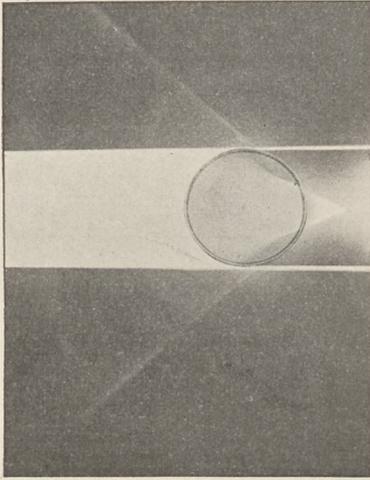


Fig. 7.

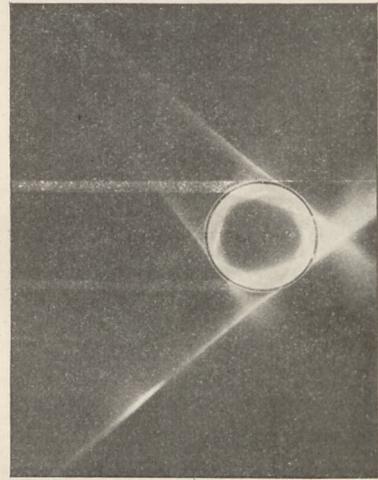


Fig. 8.

des Messingbodens passend einreguliert, so wird durch Vor- oder Rückwärtsdrehen der Schraube die weiße Vorderfläche der Scheibe genau in die Ebene der weißen Vorderfläche der Tafel eingestellt. Zum bequemen Füllen und Entleeren des Zylinders trägt der Messingboden oben und unten Ansatzröhren, von denen die obere mit einem Steigrohr, die untere mit einem vertikalen Glasrohr verbunden ist, das oben in einen Trichter, unten in einen Ablaufhahn mündet.

Zur Ausführung der Versuche ist es am besten, wenn man über ein Parallelstrahlenbündel verfügt, dessen Breite gleich dem Durchmesser der Kristallisierschale ist. Es ist daher zweckmäßig, den Durchmesser der letzteren nach demjenigen des zur Verfügung stehenden Kondensors der elektrischen Lampe einzurichten. Bei meinem Apparat beträgt der Durchmesser der Glasschale 16 cm. Läßt man das volle Strahlenbündel auf den Zylinder fallen, so sieht man (Fig. 7) vor allem den Verlauf des Strahlenbündels im Innern und den Austritt aus der Rückseite, ferner sehr deutlich die Grenzstrahlen der einmaligen inneren Zurückwerfung; die der zweimaligen inneren Reflexion treten wegen der hellen Beleuchtung des Grundes, wenigstens auf der Photographie, kaum hervor. Dabei muß durch geeignete Ablendung des Bündels nach vorn hin sorgfältig verhütet werden, daß Strahlen durch den vorderen Glasboden des Zylinders eintreten, da sonst störende Brechungen und Spiegelungen auftreten. Der Verlauf der Grenzstrahlen tritt klarer in die Erscheinung, wenn man den mittleren Teil des Strahlenbündels abblendet (Fig. 8). Der Verlauf der Strahlen

im Innern aber ist am deutlichsten, wenn man nur ein Strahlenbündel auffallen läßt. Richtet man dabei den Apparat so, daß der Strahl etwas schräg von vorn auf die Fläche auffällt, so erhält man die Erscheinung, wie sie Fig. 9 wiedergibt. Man sieht, wie der einfallende helle Strahl sich an der Oberfläche des Zylinders in ein reflektiertes und gebrochenes Bündel teilt; wie das eintretende Bündel dreimal im Innern reflektiert wird, und bei jeder Reflexion der größte Anteil des Lichtes nach außen tritt. Läßt man das Licht durch einen schmalen Spalt fallen, den man an der Kante des Brettes auf- und abwärts schiebt, so kann man deutlich das Auftreten bestimmter Grenzwinkel der Ablenkung bei der einmaligen und der zweimaligen Reflexion demonstrieren. Stellt man den Apparat den Lichtstrahlen möglichst parallel, so daß sie die Fläche streifend nur schwach erleuchten, so ist auch das an der Außenfläche des Zylinders reflektierte Strahlenbündel auf der Fläche nicht zu sehen; dafür wird jetzt der einer dreimaligen inneren Reflexion entsprechende, nach

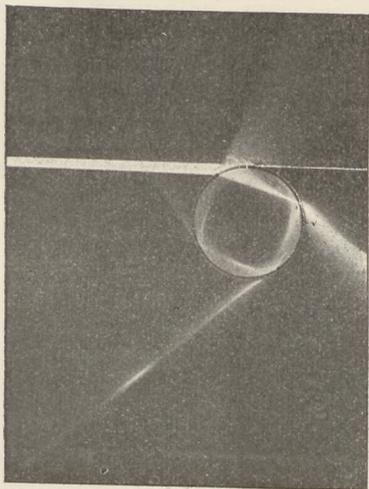


Fig. 9.

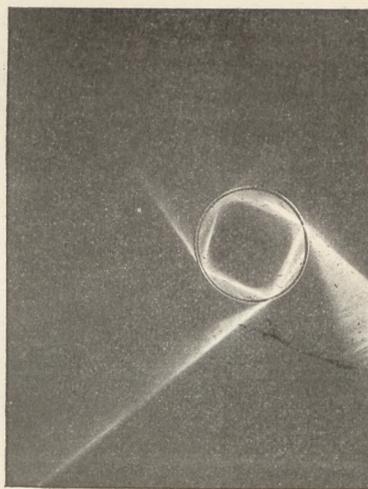


Fig. 10.

rückwärts verlaufende Grenzstrahl noch sichtbar, wie Fig. 10 erkennen läßt; er wird in Fig. 9 durch die Helligkeit des von der Außenfläche reflektierten Strahlenbündels, in das er mitten hineinfällt, verdeckt.

Die oben erwähnte Schwierigkeit, die entsteht, wenn man die den Regenbogen bildenden Grenzstrahlen in einiger Entfernung auf einem senkrecht zu den Strahlen stehenden Schirme auffängt, wird durch Fig. 8 besonders deutlich gemacht. Man sieht, daß die den äußeren Bogen von $50^{\circ} 23'$ bildenden Grenzstrahlen zunächst innerhalb des Kegels der den Hauptregenbogen von $42^{\circ} 9'$ bildenden Strahlen verlaufen. Beide Strahlenkegel durchschneiden sich in einer gewissen Entfernung vom Tropfen. Die Ebene, in der dieses Schneiden stattfindet, liegt von der Tropfenmitte um $8,424 R$ entfernt, wenn R den Radius des Tropfens (d. h. hier des Zylinders) bedeutet, und der Radius des Schnittkreises in dieser Ebene ist $8,937 R$. Man findet also erst in einem Abstände, der größer ist als das 8,424 fache des Tropfenradius die beiden Bögen in derjenigen Lage zueinander, wie man sie in der Natur wahrnimmt, den zweiten Regenbogen außerhalb des ersten und zwischen ihnen den relativ dunklen Raum.

Es braucht wohl kaum hervorgehoben zu werden, daß hier, wie bei allen ähnlichen Apparaten, die Genauigkeit der Wiedergabe der natürlichen Erscheinung durch die brechende Wirkung der Glaswand, die den Wasserzylinder umgibt, stark beeinträchtigt wird, so daß die Messung der Grenzwinkel auf den photographischen Aufnahmen doch nur angenähert richtige Werte (etwa 41° und 52°) ergibt.

Untersuchung der Ablenkung, die ein Magnet an einer Kompaßnadel hervorruft, um die er in verschiedenen Stellungen im Kreise herumgeführt wird.

Eine Aufgabe für physikalische Schülerübungen.

Von

Prof. Dr. K. Noack in Gießen.

Woolcombe stellt in seinem *Practical Work in Physics*, Teil IV, S. 30, eine Aufgabe, die einen speziellen Fall des obigen Themas behandelt. Er gibt dazu die folgende Anleitung zur Lösung.

Auf einen großen Bogen Zeichenpapier werden um den Mittelpunkt konzentrische Kreise von 20 bis 80 cm Radius gezeichnet und außerdem 6 Durchmesser von 30° Abstand gezogen. Die Schnittpunkte mit den Kreisen werden fortlaufend mit 0° bis 360° bezeichnet. Dieses Blatt wird auf die Tischplatte gelegt und in solcher Lage befestigt, daß der Durchmesser 0°—180° in nordsüdlicher Richtung mit dem magnetischen Meridian zusammenfällt. Genau auf den Mittelpunkt setzt man einen Kompaß, so daß

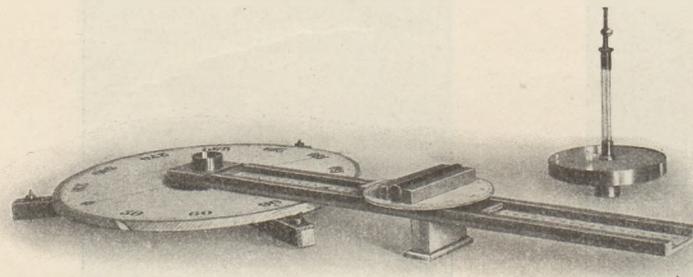


Fig. 1. $\frac{1}{8}$ n. Gr.

der Durchmesser 0° bis 180° seiner Teilung sich mit dem obigen Durchmesser der Zeichnung deckt, also auch im magnetischen Meridian liegt. Nun legt man auf den Nullpunkt eines der Kreise in radialer Lage einen kurzen Magnetstab, mit seinem Mittelpunkt auf dem Kreise liegend, und liest die

Stellung der Kompaßnadel an ihrem Nordende ab. Darauf verschiebt man den Magnet unter Beibehaltung seiner radialen Richtung und der Lage seines Mittelpunktes auf der Peripherie von 30° zu 30° und notiert jedesmal seine Amplitude und die Ablenkung des Nordpols der Kompaßnadel, indem man zwischen negativen Ablenkungen im Uhrzeigersinn und positiven im Gegensinn unterscheidet. Hierauf kehrt man den ablenkenden Magnet um und wiederholt die Messung. Von beiden Versuchsreihen soll auf dasselbe Blatt Koordinatenpapier eine graphische Darstellung entworfen werden.

Die knappe Art, mit der Woolcombe am Schlusse der Anleitung die Diskussion der Resultate behandelt, haben mich schon immer vermuten lassen, daß ihm die eigentümlichen Feinheiten der Aufgabe entgangen sind, zumal in Anbetracht der sehr primitiven Art, wie er die Aufgabe zu behandeln vorschlägt, die Ergebnisse keinen Anspruch auf besondere Zuverlässigkeit haben können. Ich möchte deshalb an dieser Stelle, wenn auch natürlich nicht erschöpfend, sondern nur den Hauptpunkten nach, zeigen, was sich bei einer angemessenen Behandlung aus der Aufgabe machen läßt.

Was zunächst die instrumentellen Hilfsmittel anlangt, so sind dieselben sehr einfacher Art; Figur 1 zeigt die ganze Einrichtung in $\frac{1}{8}$ n. G. Eine kreisrunde, gut ebene Holzscheibe ruht mit drei Stellfüßen, die in scharfen Spitzen endigen, auf der Tischplatte. Die Oberseite dieser Scheibe ist mit einer Kreisteilung auf Papier beklebt, deren Bezifferung im Gegensinn des Uhrzeigers läuft. In der Mitte hat sie einen runden Ausschnitt mit einer Brücke, deren Breite gleich derjenigen der Magnetometer-schiene (d. Zeitschr. V, 279) ist, so daß man den zu letzterer gehörigen Bussolenschlitten

ohne weiteres im Mittelpunkt der Kreisscheibe einstellen und festklemmen kann. Um die Hülse dieses Schlittens, die zur Aufnahme des Zapfens am Boden der Bussole dient, paßt ein Messingring, der an dem einen Ende der Magnetometerschiene von etwa 60 cm Länge angeschraubt ist; man kann also diese Schiene als drehbaren Radius über dem Teilkreis herumführen. Über der Kreisteilung hat dieser Dreharm ein Fenster das von einem Glasscheibchen mit Marke bedeckt ist, so daß man die Stellung des Armes scharf ablesen kann. An dem Ende des Armes, das die Scheibe überragt, ist der Arm mit einer Stütze versehen, die auf der Tischplatte ruht. Zwischen den Schienen des Dreharms gleitet über einer vom Mittelpunkt des Ringes beginnenden metrischen Teilung mit leichter Reibung ein Schlitten mit einem in wagrechter Ebene drehbaren Tischchen, auf dem sich das Lager für den Magnet befindet, und das mit einer Kreisteilung auf Papier beklebt ist, deren Bezifferung ebenfalls im Gegensinn des Uhrzeigers verläuft. Der Zapfen, um den sich dieses Tischchen dreht, ist hohl, so daß man bei abgehobenem Magnet die Stellung des Schlittens auf der Teilung ablesen kann. Eine Marke an einem Ende des Schlittens dicht an der Teilung des Tischchens gestattet, dessen Stellung jederzeit genau anzugeben; die Bezifferung ist derart eingerichtet, daß der Nullpunkt der Teilung auf die Marke einsteht, wenn der in seinem Lager ruhende Magnet radial gegen die Mitte der Drehscheibe gerichtet ist. Der Apparat, dessen erstes Exemplar (das Original der photographischen Aufnahme) in unserem Handfertigkeitspraktikum hergestellt worden ist, kann von W. Schmidt, Mechanische Werkstätte, Gießen, bezogen werden.

Zur Ausführung der Versuche muß dieses Magnetometer mit Dreharm recht sorgfältig im Meridian orientiert werden. Man legt es ohne die Bussole auf die Tischplatte, so daß die Stütze des Dreharmes ringsum bei der Drehung auf letzterer aufliegt, und hängt genau über der Mitte des Teilkreises an einem ungedrehten Seidefaden ein 30 bis 40 cm langes magnetisiertes Stück Silberstahl von ca. 4 mm Durchmesser wagerecht auf.

Wenn dasselbe im magnetischen Meridian zur Ruhe gekommen ist, dreht man den Apparat darunter so lange, bis der Durchmesser 0° — 180° bzw. der auf 0° eingestellte Dreharm genau im Meridian steht, und der Nullpunkt nach Norden gewendet ist. Dann drückt man die Spitzen der Stellfüße leicht in die Tischplatte ein, wodurch die Stellung des Apparates durchaus gesichert wird, setzt die Bussole auf, bringt den Glockenmagnet mit Hilfe der Stellfüße zum Einspielen und dreht zuletzt die Bussole so, daß der Zeiger beiderseits auf 0° bzw. 180° einspielt. Nun gibt man dem Schlitten die gewünschte Lage, legt den ablenkenden Magnet auf und dreht das Tischchen, bis die Marke auf 0° einsteht; dann liegt der Magnet radial im magnetischen Meridian; diese Anfangsstellung des Apparates ist durch die schematische Fig. 2 dargestellt.

Es sind nun insbesondere fünf Aufgaben, die sich zur Behandlung bei Schülerübungen empfehlen, und von denen ich auf die erste und dritte etwas näher eingehen will. Die Aufgaben lauten:

1. Der Magnet wird radial im Kreise herumgeführt (Nordpol innen oder außen).
2. Der Magnet wird tangential im Kreise herumgeführt (Nordpol im Sinne der Drehung vorn oder hinten).

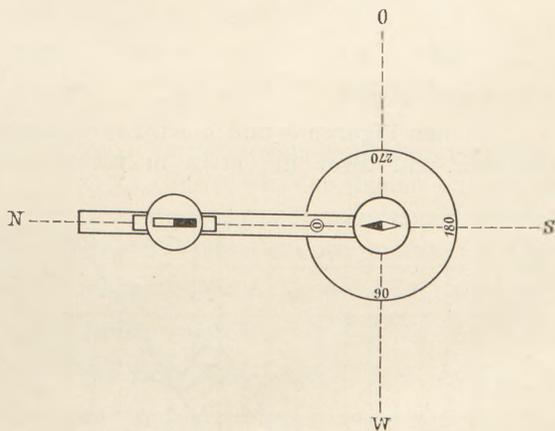


Fig. 2.

3. Der Magnet wird unter Erhaltung der ostwestlichen Lage im Kreise herumgeführt (Nordpol östlich oder westlich).

4. Der Magnet wird unter Erhaltung der nordsüdlichen Lage, Nordpol nördlich, im Kreise herumgeführt.

5. Der Magnet wird unter Erhaltung der nordsüdlichen Lage, Nordpol südlich, im Kreise herumgeführt.

Ich möchte versuchen, wenigstens andeutungsweise an einigen Beispielen zu zeigen, welchen großen didaktischen Wert diese Aufgaben für das Schülerpraktikum haben.

Bei der ersten Aufgabe erhält man bei einer Amplitude des Dreharmes von 90° bzw. 270° die Stellungen der ersten Gaußschen Hauptlage, wobei der ablenkende Magnet sich ostwestlich von der Bussole in ostwestlicher Lage befindet; man könnte danach erwarten, daß man bei diesen Amplituden die größten Ablenkungen erhalten müßte. Mit dieser Erwartung sind aber die Resultate nicht in Übereinstimmung.

Man erhielt beispielsweise bei einem Versuch die folgenden Zahlen, wenn α die Amplituden des Dreharmes bzw. des radialen Magnetes und φ die entsprechenden Ablenkungen der Nadel, negativ im Sinne des Uhrzeigers, positiv im Gegensinne, bedeuten:

$\alpha =$	0°	15°	30°	45°	60°	75°	90°	105°	120°	135°
$\varphi =$	$-0,4$	$-10,2$	$-17,5$	$-22,0$	$-23,7$	$-23,6$	$-22,3$	$-19,2$	$-15,8$	$-12,1$
$\alpha =$	150°	165°	180°	195°	210°	225°	240°	255°	270°	285°
$\varphi =$	$-7,9$	$-3,7$	$+0,5$	$+4,7$	$+9,4$	$+12,8$	$+16,4$	$+20,2$	$+22,5$	$+23,4$
$\alpha =$	300°	315°	330°	345°	360°					
$\varphi =$	$+23,6$	$+21,4$	$+16,8$	$+9,5$	$-0,4$					

In den Figuren 3 und 4 wird zunächst eine graphische Darstellung des Verlaufes gegeben, und zwar die erste in rechtwinkligen Koordinaten, die Amplituden als

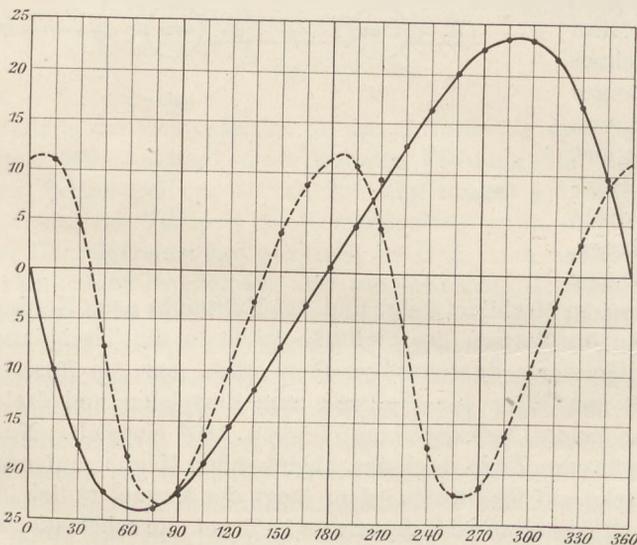


Fig. 3.

Abzissen, die Ablenkungen als Ordinaten genommen (ausgezogene Linie), die zweite dagegen in Polarkoordinaten, die Drehung des Magnetes als Amplitude, die Ablenkung als Radiusvektor genommen. Man erkennt sogleich die große Überlegenheit der letzteren Darstellung für diese Verhältnisse.

Die Symmetrie zur Meridianlinie $0^\circ-180^\circ$ ist nicht vollkommen, weil der ablenkende Magnet das Erdfeld nicht unwesentlich beeinflusst; wollte man diesen Umstand vermeiden, so müßte man den ablenkenden Magnet auch in entgegengesetzter Lage, Südpol innen, herumführen und die zusammengehörigen Ablenkungen gleichen Vorzeichens zu einem Mittel vereinigen.

Ein Blick auf die Tabelle oder eine der Kurven zeigt sofort, daß die maximale Ablenkung nicht bei der Gaußschen ersten Hauptlage, also bei der Amplitude 90° bzw. 270° , stattfindet, sondern ungefähr bei 66° und 294° , also dann, wenn der Dreh-

arm mit der Ostwestlinie einen Winkel bildet, der gleich ist dem Ausschlagswinkel der Bussolennadel, d. h. dann, wenn der Dreharm und der auf ihm radial gelagerte Magnet senkrecht gegen die Mitte der abgelenkten Bussolennadel gerichtet ist. Damit ist aber auch schon die Erklärung gegeben: Bei dieser Lage ist eben das Drehmoment, das der Magnet auf die Nadel ausübt, von allen möglichen das größte. Wir haben es hier mit derjenigen Hauptlage zu tun, die Lamont (Handbuch des Magnetismus, S. 279) die Sinuslage Ost-West genannt hat.

Der Grund für diese Bezeichnung ist leicht einzusehen:

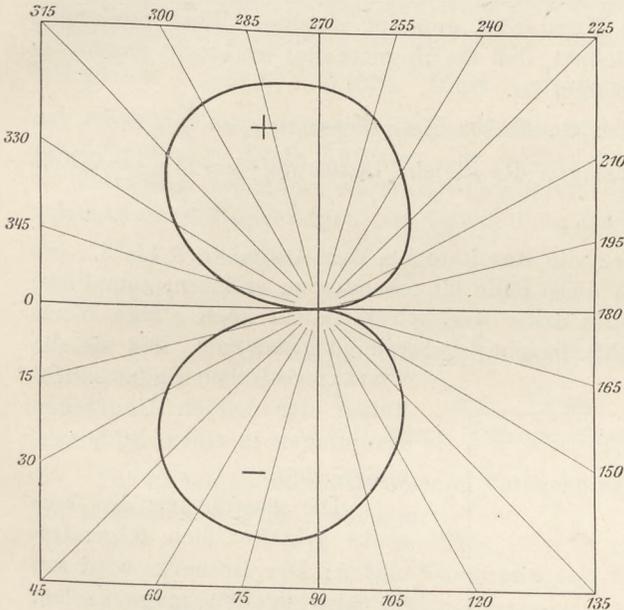


Fig. 4.

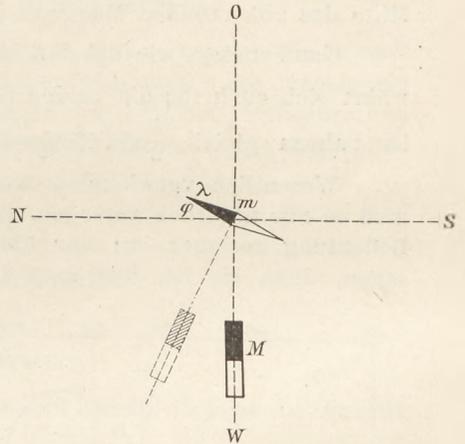


Fig. 5.

In der ersten Gaußschen Hauptlage (Fig. 5) übt der Magnet auf die um φ Grad abgelenkte Nadel das Dreh-

moment $2 \frac{M m}{r^3} \cdot \cos \varphi$ aus, der Hebelarm ist $\lambda \cos \varphi$; steht aber, wie in unserem Falle, die Achse des ablenkenden Magnetes auf der magnetischen Achse der Nadel senkrecht, so ist dieser Hebelarm einfach gleich λ , das Drehmoment also $= \frac{2 M m}{r^3}$. Da ferner das Drehmoment der Horizontalkomponente des Erdmagnetismus $= H m \cdot \sin \varphi$ ist, so hat man nach Gleichsetzung beider Ausdrücke $\frac{M}{H} = \frac{1}{2} r^3 \sin \varphi$ statt der für die erste Gaußsche Hauptlage geltenden Formel $\frac{M}{H} = \frac{1}{2} r^3 \operatorname{tg} \varphi$.

Damit bietet sich uns ein neues Verfahren zur Bestimmung von $\frac{M}{H}$, das zu dem Gaußschen eine didaktisch überaus wertvolle Ergänzung und Erweiterung bildet. Zur Durchführung der Messung braucht der Apparat nicht einmal genau nach dem magnetischen Meridian orientiert zu sein; man muß nur die Busssole so drehen, daß die nicht abgelenkte Nadel auf 0° weist; dann legt man in angemessener Entfernung den ablenkenden Magnet in radialer Lage auf den Schlitten und dreht den Arm langsam im Kreise herum, indem man die Ablenkung der Nadel verfolgt, bis sie ihren größten Wert erreicht hat, den man notiert; dann dreht man weiter, bis das zweite Maximum der Ablenkung eintritt, und notiert auch dieses. Durch Umlegen des Magnetes unter Vertauschung seiner Pole erhält man ein zweites Wertepaar. Setzt man das Mittel der vier Ablesungen in obige Formel ein, so erhält man den Wert von $\frac{M}{H}$. Eine solche Messung hatte beispielsweise für $r = 35$ cm im Mittel aus vier Ablesungen den Wert $\varphi = 23,75^\circ$ ergeben, woraus der Wert $\frac{M}{H} = 8635$ folgt. Bei

Anwendung des Gaußschen Verfahrens, das eine gute Orientierung des Apparates voraussetzt, erhielt man $\varphi = 21,95^\circ$ und demnach $\frac{M}{H} = 8640$.

Ähnlich einfach gestalten sich die Verhältnisse bei der zweiten Aufgabe, wenn man den Magnet senkrecht zum Dreharm auf den Schlitten legt und ihn nun tangential um die Bussole herumführt. Man kommt dabei zu zwei Maximalablenkungen im Betrag von $11,6^\circ$ bei Stellungen des ablenkenden Magnetes, die um den gleichen Betrag vom magnetischen Meridian abweichen; sie entsprechen der zweiten Gaußschen Hauptlage und sind von Lamont Sinuslage Nord-Süd genannt worden. Diese Stellungen sind dadurch physikalisch gekennzeichnet, daß die Magnetnadel senkrecht gegen die Mitte des ablenkenden Magnetes gerichtet ist.

Ganz analog, wie bei den beiden Gaußschen Hauptlagen $\operatorname{tg} \varphi_2 = \frac{1}{2} \operatorname{tg} \varphi_1$ ist, bewährt sich auch für die beiden Sinuslagen die gleiche Beziehung; $\sin 11,6^\circ = 0,2011$ ist nahezu gleich $\frac{1}{2} \sin 23,65 = 0,2006$.

Wesentlich verwickelter werden die Resultate bei den Aufgaben 3 bis 5. Ich muß es mir natürlich versagen, auch diese Fälle eingehender zu erörtern, zumal ihre Bedeutung geringer ist; nur über die dritte darf ich vielleicht noch einige Worte sagen, denn sie ist, wie man leicht einsieht, dadurch ausgezeichnet, daß sie die

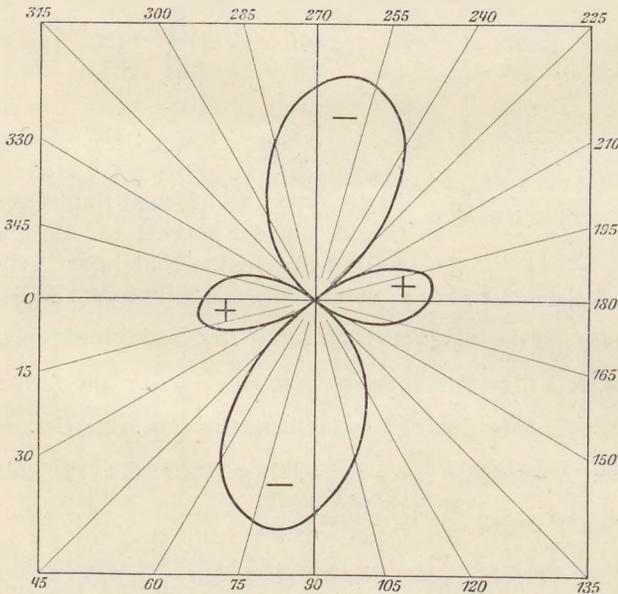


Fig. 6.

charakteristischen Eigentümlichkeiten der beiden Gaußschen Hauptlagen in einem Bilde vereinigt zeigt.

Die Ausführung des Versuchs gestaltet sich folgendermaßen: Der Dreharm wird auf 0° , also in den magnetischen Meridian, eingestellt (vgl. Fig. 2), der Magnet auf das Tischchen gelegt und dieses um 90° gedreht, so daß der Magnet ostwestlich liegt, der Nordpol nach Osten gerichtet. Nachdem der Ausschlag abgelesen ist, wird der Arm auf den Teilstrich 15° eingestellt und gleichzeitig das Tischchen um 15° im entgegengesetzten Sinne gedreht, so daß die Richtung des ablenkenden Magnetes ungeändert bleibt; nun liest man wieder die Ablenkung

ab und notiert beide, Amplitude und Ablenkung. So fährt man fort, bis der Dreharm einen ganzen Umlauf vollendet hat. In dieser Weise wurden folgende Zahlen erhalten:

$\alpha =$	0°	15°	30°	45°	60°	75°	90°	105°	120°	135°
$\varphi =$	+ 11,2	+ 11,0	+ 4,6	- 7,2	- 18,5	- 23,0	- 21,6	- 16,7	- 10,2	- 3,2
$\alpha =$	150°	165°	180°	195°	210°	225°	240°	255°	270°	285°
$\varphi =$	+ 3,4	+ 8,7	+ 11,2	+ 10,7	+ 4,1	- 7,4	- 17,9	- 22,2	- 21,4	- 16,3
$\alpha =$	300°	315°	330°	345°	360°					
$\varphi =$	- 9,9	- 3,2	+ 3,3	+ 8,6	+ 11,2					

Die resultierende Kurve ist in rechtwinkligen Koordinaten punktiert in Fig. 3 eingezeichnet, in Fig. 6 dagegen nochmals in Polarkoordinaten. Bei Betrachtung der

letzteren sieht man vier Maxima verschiedener Ordnung entsprechend den beiden Gaußschen Hauptlagen, aber nicht mit ihnen zusammenfallend, sondern etwas verschoben, und zwar in verschiedener Richtung aus naheliegenden Gründen. Die beiden Hälften der Figur beiderseits der Meridianlinie sind im Gegensatz zu Fig. 4 nicht symmetrisch, sondern kongruent. Es besteht für die Orte maximalen Ausschlages aus leicht ersichtlichen Gründen keine einfache Beziehung bezüglich der gegenseitigen Stellung von Magnet und Bussolennadel zueinander. Der kleinere Ausschlag bei den Amplituden 0° und 180° hat den Wert $\varphi_2 = 11,2^\circ$, der größere bei 90° ist $\varphi_1 = 21,5^\circ$ entsprechend den Formeln für die beiden Gaußschen Hauptlagen ist $\operatorname{tg} 11,2 = 0,1980$, fast gleich $\frac{1}{2} \operatorname{tg} 21,5^\circ = 0,1970$. Diese Andeutungen mögen genügen.

Die hier mitgeteilten Beispiele dürften wohl geeignet sein zu zeigen, wie reizvoll die Behandlung dieser Aufgaben für denkende Schüler sein muß. Ich möchte sie als didaktisch besonders wertvoll wegen ihrer vielfachen magnetischen, statischen und geometrischen Beziehungen zur Behandlung im Schülerpraktikum warm empfehlen.

Schulversuche aus der Akustik.¹⁾

Von

O. Dörge in Bergedorf bei Hamburg.

Die im folgenden beschriebenen Versuche haben den Zweck, Gesetze der Akustik mit einfachen Mitteln abzuleiten.

1. Versuche mit Stäben.

I. Versuch. Zwei je 1 m lange Glasröhren von verschiedener Dicke werden in der Mitte festgehalten und in der Längsrichtung gerieben. Die dabei entstehenden Töne haben dieselbe Höhe.

II. Versuch. Drei je 1 m lange Stäbe aus Glas, Holz und Messing geben, in der Mitte festgehalten und gerieben, Töne verschiedener Höhe.

Bei gleicher Länge der Stäbe ist also die Tonhöhe unabhängig von der Dicke, abhängig vom Material, aus dem die Stäbe bestehen.

III. Versuch. Zwei Glasröhren von verschiedener Länge geben verschiedene Töne, und zwar ist der Ton des langen Rohres tiefer als der des kurzen.

Die Tonhöhe eines Stabes hängt somit von seiner Länge ab.

IV. Versuch. Vier Messingröhren von 1,50 m, 1,20 m, 1 m und 0,75 m Länge geben Töne, die im Intervall der großen Terz, Quinte, Oktave stehen. Das Verhältnis der Stablängen ist $1 : \frac{4}{5} : \frac{2}{3} : \frac{1}{2}$.

V. Versuch. Vier Glasröhren von anderer Länge, aber demselben Längenverhältnis wie die Messingröhren im vorigen Versuch, geben Töne von demselben Intervall.

Daraus folgt, daß das Intervall zweier Töne nur vom Verhältnis der Längen, nicht von den Längen der Stäbe abhängt.

VI. Versuch. Eine 75 cm lange Messingröhre wird an ihrem einen Ende fest eingespannt, eine 1,5 m lange Messingröhre wird in der Mitte festgehalten. Reibt man beide Stäbe, so geben sie Töne gleicher Höhe.

VII. Versuch. Ein 75 cm und ein 37,5 cm langer Rohrstock werden an ihrem einen Ende fest eingespannt und gerieben. Der Ton des kürzeren ist die höhere Oktave des längeren.

¹⁾ Auszug aus der wissenschaftlichen Beilage zum Programm 1910 der Hansa-Schule in Bergedorf.

VIII. Versuch. Der längere der beiden Stäbe wird an verschiedenen Stellen fest eingespannt, so daß die freien Enden, die gerieben werden, im Längenverhältnis $1 : \frac{4}{5} : \frac{2}{3} : \frac{1}{2}$ stehen. Die Tonintervalle sind dieselben wie im IV. Versuch.

IX. Versuch. Ein Stab wird an beiden Enden fest eingespannt. Er gibt, in der Mitte gerieben, denselben Ton wie ein halb so langer Stab aus gleichem Material, der nur am einen Ende eingespannt ist.

X. Versuch. Zwei Stäbe aus gleichem Material, deren Längenverhältnis 2:1 ist, werden an beiden Enden eingespannt. Die Tonhöhen stehen im Intervall der Oktave.

Resultat der Versuche I—X. Die Tonhöhe eines Stabes, der in seiner Längsrichtung gerieben wird, hängt von der Art der Einspannung ab. Das Gesetz der Abhängigkeit des Tonintervalls vom Längenverhältnis der Stäbe ist für alle drei Arten der Einspannung dasselbe.

2. Versuche mit Pfeifen.

I. Versuch. Ein Reagenzglas und eine Kochflasche von gleicher Höhe werden angeblasen. Der Ton des Glases ist höher als der der Flasche.

II. Versuch. Ein Standzylinder von etwa 5 cm Weite wird mit Wasser gefüllt, bis die Luftsäule ebenso lang wie die eines Reagenzglases ist. Die Tonhöhen beider sind einander gleich.

III. Versuch. Eine Messingröhre und eine gleich lange Glasröhre werden angeblasen. Die Tonhöhen sind gleich.

IV. Versuch. Von vier gleich langen Reagenzgläsern wird das erste erhitzt, das zweite mit Leuchtgas, das dritte mit Kohlensäure gefüllt, das vierte bleibt unverändert. Die Tonhöhen der vier Gläser sind verschieden.

Aus diesen Versuchen folgt, daß der Ton unabhängig vom Material der Pfeife, aber abhängig von der Art des Gases ist, mit dem sie gefüllt ist.

V. Versuch. Zwei Reagenzgläser verschiedener Länge werden angeblasen. Der Ton des kurzen ist höher als der des langen Glases.

VI. Versuch. Vier etwa 35 cm lange, 2 cm weite Reagenzgläser werden so weit mit Wasser gefüllt, daß die Luftsäulen 30 cm, 24 cm, 20 cm und 15 cm lang sind, und angeblasen. Die Tonhöhen stehen im Intervall große Terz, Quinte, Oktave. Das Längenverhältnis der Pfeifen ist $1 : \frac{4}{5} : \frac{2}{3} : \frac{1}{2}$.

VII. Versuch. Durch Zugießen von Wasser werden die Längen der Luftsäulen verändert, aber so, daß die Längenverhältnisse dieselben wie im vorigen Versuch sind. Die Töne sind höher als die entsprechenden, die Intervalle aber sind die gleichen.

Daraus folgt, daß das Tonintervall zweier Pfeifen nur von dem Verhältnis ihrer Längen abhängt.

VIII. Versuch. Außer den vier Gläsern werden noch vier gleiche so weit mit Wasser gefüllt, daß die acht Töne die Tonleiter bilden. Die Längen der Luftsäulen sind 30 cm, 26,5 cm, 24 cm, 22,5 cm, 20 cm, 18 cm, 16 cm und 15 cm.

IX. Versuch. Die Längen werden so geändert, daß die Längenverhältnisse dieselben sind wie im vorigen Versuch. Die Töne bilden wiederum die Tonleiter.

X. Versuch. Eine Glasröhre wird an ihrem einen Ende mit dem Finger geschlossen und am offenen Ende angeblasen. Darauf wird die an beiden Enden offene Röhre angeblasen. Der Ton ist im ersten Fall tiefer als im zweiten, und zwar stehen beide Töne im Intervall der Oktave.

XI. Versuch. Eine an beiden Enden offene und eine am einen Ende geschlossene halb so lange Röhre werden angeblasen. Die Tonhöhen sind gleich. Eine offene Pfeife hat also dieselbe Tonhöhe wie eine halb so lange gedackte Pfeife.

Um die Tonhöhen offener Pfeifen zu untersuchen, ließ ich acht Messingröhren von 48 cm, 42 cm, 38 cm, 34 cm, 30 cm, 28 cm, 25 cm und 22 cm Länge und etwa

1 cm Weite, ferner acht Röhren von je 15 cm Länge schneiden, die über die längeren Röhren geschoben werden konnten, so daß acht offene Pfeifen von veränderlicher Länge entstanden.

XII. Versuch. Es werden vier offene Pfeifen von 48 cm, 38,4 cm, 32 cm und 24 cm Länge hergestellt. Die Töne stehen im Intervall große Terz, Quinte, Oktave. Die Längenverhältnisse der Pfeifen sind $1 : \frac{4}{5} : \frac{2}{3} : \frac{1}{2}$.

XIII. Versuch. Derselbe Versuch wird mit vier offenen Pfeifen von gleichen Längenverhältnissen angestellt, die Längen sind 60 cm, 48 cm, 40 cm, 30 cm. Das Resultat ist dasselbe wie im vorigen Versuch.

XIV. Versuch. Es werden acht offene Pfeifen von 48 cm, 42,7 cm, 38,4 cm, 36,4 cm, 36 cm, 32 cm, 28,8 cm, 25,6 cm, 24 cm Länge, ein zweites Mal von 60 cm, 53,3 cm, 48 cm, 45 cm, 40 cm, 36 cm, 32 cm, 30 cm Länge hergestellt. Die Längenverhältnisse sind in beiden Fällen dieselben, und zwar gleich den Längenverhältnissen der gedackten Pfeifen im VIII. Versuch. Auch hier bilden die Töne der acht Pfeifen die Tonleiter.

Vergleicht man diese Versuche mit den entsprechenden an Stäben, so ergibt sich, daß für Pfeifen und Stäbe dieselben Gesetze bestehen. Diese Gesetze lauten: 1. Das Tonintervall zweier Stäbe oder zweier Pfeifen ist nur vom Verhältnis der Längen abhängig. 2. Die Töne zweier Pfeifen stehen im gleichen Intervall wie die Töne zweier Stäbe, deren Längenverhältnis gleich dem Längenverhältnis der Pfeifen ist. Ferner entsprechen die gedackten Pfeifen den am einen Ende fest eingespannten Stäben, die offenen den in der Mitte eingespannten. Übertragen wir die über den Zustand tönender Stäbe gewonnenen Vorstellungen auf die Pfeifen, so ergibt sich, daß bei gedackten Pfeifen die Luft am geschlossenen Ende in Ruhe, am offenen Ende im Zustand stärkster Schwingung ist. Bei den offenen Pfeifen wird, wie bei den in der Mitte eingeklemmten Stäben, an den offenen Enden stärkste Bewegung sein. Über den Zustand in der Mitte gibt der

XV. Versuch Aufschluß. Man bläst eine an beiden Enden offene Glasröhre an, schließt dann ein Ende und füllt sie bis zur Mitte mit Wasser. Der Ton bleibt derselbe. Nun ist im zweiten Falle in der Mitte Ruhe. Danach dürfen wir vermuten, daß auch im ersten Fall die Luft in der Mitte in Ruhe ist.

XVI. Versuch. Eine etwa 30 cm lange gedackte Pfeife (Reagenzglas) wird verschieden stark angeblasen. Man erhält je nach der Stärke des Anblasens noch höhere Töne, die sogenannten Obertöne.

XVII. Versuch. Aus einer Glasröhre werden zwei Röhren von 10 cm und 6 cm Länge geschnitten, am einen Ende mit dem Finger gedeckt und angeblasen. Die Töne dieser beiden Pfeifen haben dieselbe Höhe wie die Obertöne der gedackten 30 cm langen Pfeife.

Die entsprechenden Versuche mit offenen Pfeifen zu dem XVI. und XVII. Versuch sind mir bis jetzt noch nicht gelungen.

Statt die Pfeifen anzublasen, kann man sie auch mit dem Finger anschlagen. Eine gedackte Pfeife wird an ihrem offenen Ende so angeschlagen, daß der Finger das offene Ende nur wenig deckt, also ein Schwingungsbauch entstehen kann. An beiden Enden offene Röhren wirken wie offene Pfeifen, wenn man so anschlägt, daß der Finger nur wenig deckt, wie gedackte Pfeifen dagegen, wenn beim Schlag der Finger vollständig deckt.

3. Versuche an Seilen.

Im folgenden sollen zunächst die Versuche beschrieben werden, die angestellt wurden, um die Fortpflanzungsgeschwindigkeit von Erschütterungen in gespannten Seilen zu messen. Die Untersuchung wurde an Fäden aus Wolle und Seide ausgeführt. In der Wand des Zimmers wurde ein Haken angebracht, an dem das eine Ende des Fadens befestigt wurde; das andere Ende lief in gleicher Höhe über die Messingrolle

eines Weinholdschen Gestells und konnte durch eine Schale mit Gewichten beliebig belastet werden. Zum Messen der Zeit diente eine Stoppuhr, die fünftel Sekunden anzeigte. An Fäden von 9 m und 14 m Länge wurden bei verschiedenen Belastungen die Fortpflanzungsgeschwindigkeiten gemessen. Etwa 15 cm hinter der Rolle wurde mit einem leichten Stab, einem Federhalter, das Seil schnell geschlagen. In dem Augenblick, in dem die eine Hand den Schlag auf das Seil ausführte, löste die andere das Uhrwerk aus. Es wurden die Zeiten in Sekunden gemessen, in denen eine Erschütterung das Seil 5- oder 10mal nach der Wand und zum Ausgangspunkt zurück, 5 oder 10 Doppellängen, durchlief. Diese Zeit nenne ich t_1 . Daneben wurde die Zeit gemessen, in der das Seil als Ganzes 5 oder 10 Schwingungen ausführte. Diese Zeit nenne ich t_2 .

Versuche an einem 9 m langen Wollfaden:

a) Spannendes Gewicht 80 g, 5 Doppellängen.

t_1 :	4,2; 4,4; 4,4; 4,4; 4,2	Mittel 4,3
t_2 :	4,2; 4,4; 4,4; 4,2; 4,2	Mittel 4,3
	Auf 10 Doppellängen umgerechnet 8,6.	

b) Spannendes Gewicht 160 g, 10 Doppellängen.

t_1 :	6 ; 6 ; 5,8; 6 ; 6	Mittel 6
t_2 :	6 ; 6,2; 5,8; 6 ; 5,8	Mittel 6

c) Spannendes Gewicht 240 g, 10 Doppellängen.

t_1 :	4,8; 5 ; 5 ; 4,6; 5	Mittel 4,9
t_2 :	5,2; 4,8; 4,8; 5 ; 5	Mittel 5

d) Spannendes Gewicht 320 g, 10 Doppellängen.

t_1 :	4,4; 4,2; 4,4; 4,4; 4,4	Mittel 4,4
t_2 :	4,4; 4,4; 4,2; 4,4; 4,4	Mittel 4,4

Hieraus folgt:

1. Die Zeit, die das Seil gebraucht, um als Ganzes eine Schwingung auszuführen, ist der Zeit gleich, in der eine Erschütterung eine Doppellänge durchläuft.

2. Bei vierfacher Spannung ist die Geschwindigkeit doppelt so groß wie bei einfacher Spannung. Dies legt die Vermutung nahe, daß die Zeiten sich umgekehrt wie die Wurzeln aus den Spannungen verhalten. In der Tat ist

$$\frac{8,6}{6} \sim \sqrt{\frac{160}{80}}, \quad 1,43 \sim 1,41; \quad \frac{8,6}{4,9} \sim \sqrt{\frac{240}{80}}, \quad 1,76 \sim 1,73; \quad \frac{8,6}{4,4} \sim \sqrt{\frac{320}{80}}, \quad 1,96 \sim 2.$$

Versuche an Seidenfäden ergaben, daß das Gesetz über die Abhängigkeit der Geschwindigkeit von der Spannung für verschiedene Körper dasselbe ist, daß aber die Größe der Geschwindigkeit, mit der Erschütterungen sich fortpflanzen, von der Art des Körpers abhängt.

Um die Abhängigkeit der Geschwindigkeit von der Dicke des Fadens festzustellen, wurden zwei, drei, vier Fäden aus Wolle umeinander gewickelt, durch 240 g gespannt und die Zeiten gemessen, in der eine Erschütterung 10 Doppellängen durchlief. Die Länge betrug 9 m. Die Mittelwerte für die beobachteten Zeiten waren für einen Faden 4,9, für 2 Fäden 6,9, für 3 Fäden 8,4, für 4 Fäden 9,7. Nun ist

$$\frac{6,9}{4,9} = 1,41 \sim \sqrt{2}; \quad \frac{8,4}{4,9} = 1,71 \sim \sqrt{3}; \quad \frac{9,7}{4,9} = 1,98 \sim \sqrt{4}.$$

Die Geschwindigkeit, mit der eine Erschütterung in einem Seile fortschreitet, ist demnach indirekt proportional der Quadratwurzel aus der Dicke.

Die Bedeutung dieser WEBERSCHEN Versuche für den Unterricht scheint mir u. a. im folgenden zu liegen. Der Schüler kann messend verfolgen: 1. daß die Schwingungszahl des Seiles indirekt proportional der Länge ist, 2. daß sie bei vierfacher

Spannung verdoppelt, 3. bei Verstärkung des Seiles auf vierfache Dicke auf die Hälfte herabgedrückt wird.

Nimmt man nun an, daß diese Gesetze auch für die schnellen Schwingungen einer Saite gelten, und vergleicht man die Resultate mit den am Monochord gewonnenen Ergebnissen, so ergeben sich die Beziehungen über Abhängigkeit der Höhe und des Intervalls der Töne von den Schwingungszahlen und deren Verhältnissen. Der Versuch über Abhängigkeit der Schwingungsdauer von der Dicke des Seiles läßt sich auch auf das Monochord übertragen. Ein Faden aus Seide oder Hanfgarn wurde durch ein Gewicht gespannt und sein Ton durch eine danebenliegende Saite fixiert. Dann wurden mit demselben Gewicht zwei, drei und vier Fäden gespannt. Im letzten Fall erhielt ich nahezu die tiefere Oktave des Tones eines Fadens.

Bei meinen Messungen nahm ich als spannendes Gewicht das Gewicht des über der Rolle herabhängenden Fadens, vermehrt um die Schale und darin liegendes Gewicht, an. Die Gebrüder WEBER rechnen zu dem von mir angenommenen spannenden Gewicht das Gewicht des aufgehängten Fadens hinzu²⁾.

Den Grund hierfür vermag ich nicht zu erkennen. Weil mir bei meinen Messungen nur eine Uhr zur Verfügung stand, die fünfstel Sekunden anzeigte, so war ich gezwungen, mit kleinen Spannungen zu arbeiten, um nicht zu große Fortpflanzungsgeschwindigkeiten zu erhalten. Bei diesen kleinen Spannungen aber würde das Gewicht des Fadens nicht ohne Bedeutung gewesen sein. An einem 14 m langen Wollfaden machte ich Versuche unter Berücksichtigung des Fadengewichtes. Es wurde wieder die Zeit t für 10 Doppelgänge beobachtet.

Faden + Belastung	t
80 g	16 Sek.
320 g	7,2 Sek.

Bei einer 14 m langen Seidenschnur:

Faden + Belastung	t
100 g	17 Sek.
400 g	7,2 Sek.

Diese starken Abweichungen scheinen mir zu zeigen, daß man nicht berechtigt ist, zum spannenden Gewicht das Gewicht des Fadens hinzuzurechnen. Eine Untersuchung durch Rechnung und Experiment ergab, daß die Annahme der Gebrüder Weber unberechtigt ist³⁾.

4. Resonanzversuche an Seilen.

Melde hat bekanntlich zur Erzeugung stehender Schwingungen von Saiten das eine Ende der Saite mit dem einen Zinken einer schwingenden Stimmgabel fest verbunden, während das andere über eine Rolle geführt wurde und beliebig belastet werden konnte. Durch Regelung der Belastung war es ihm möglich, Stimmgabel und Saite aufeinander abzustimmen und verschiedene Schwingungszustände der Saite hervorzubringen. Statt der Stimmgabel läßt sich auch eine elektrische Hausglocke verwenden. Ich versuchte, die Anordnung auf folgende Weise zu vereinfachen. Ein etwa 30 cm langes, 2 cm breites Stück einer Uhrfeder wurde gerade gebogen. Um die Feder wurde ein etwa 2 cm breites, 65 g schweres Band aus Blei gewickelt und durch einen Schlag so befestigt, daß es sich längs der Feder verschieben ließ, ohne durch eigene Schwere gleiten zu können. Die Feder wurde mit ihrem einen Ende in einen Schraubstock gespannt. Durch Verschiebung des Gewichtes ließ sich die Schwingungsdauer beliebig verändern. Der Apparat ist dem Metronom nach-

²⁾ Wilhelm Webers Werke, V. Band, S. 345.

³⁾ Programmarbeit, S. 16—19.

gebildet. In der Nähe der Befestigung wurde ein Ende eines Wollfadens um die Feder gelegt, das andere lief über die Rolle des Weinholdschen Gestells und trug die Schale mit dem spannenden Gewicht. Der Faden war 12 m lang und mit 40 g gespannt. Das Bleigewicht wurde auf der Feder so verschoben, daß, wenn die Feder aus der Ruhelage gebogen und losgelassen wurde, das Seil kräftig als Ganzes schwang. Es ließ sich beobachten, daß dies der Fall war, wenn Seil und Feder gleiche Schwingungsdauer hatten. Sodann wurde bei gleichbleibender Spannung das Gewicht der Feder so verschoben, daß das Seil in zwei, drei, vier Teilen schwang.

Die Schwingungen sind langsam, und der Vorteil dieser langsamen Schwingungen dürfte der sein, daß man den Schwingungszustand an den verschiedenen Stellen des Seiles bequem beobachten kann, ferner, daß man die Schwingungszeiten des Seiles und der Feder messen und miteinander vergleichen kann. Ich teile die Resultate einiger Messungen mit.

I. Die Spannung des Fadens bleibt unverändert, die Schwingungsdauer der Feder wird verändert.

Länge des Fadens 12 m, Gewicht von 1 m Fadenlänge 1,58 g, spannendes Gewicht 40 g.

Es wurden die Dauer t_1 von zehn Schwingungen der Feder und die Dauer t_2 von zehn Grundschwingungen des Seiles gemessen.

1. Grundschwingung des Seiles: $t_1 = 16,2$ Sek.; $t_2 = 16$ Sek.
2. Erste Oberschwingung: $t_1 = 8,2$; $t_2 = 16$; $t_1 = \frac{1}{2}t_2$.
3. Zweite Oberschwingung: $t_1 = 5,2$; $t_2 = 16$; $t_1 = \frac{1}{3}t_2$.

Auch bei den Oberschwingungen läßt sich gut beobachten, daß die einzelnen Seilteile und die Feder im gleichen Tempo schwingen.

II. Die Schwingungsdauer der Feder bleibt unverändert, die Spannung des Fadens wird verändert.

1. Spannung 180 g, der Faden schwingt als Ganzes. $t_1 = 7$; $t_2 = 7,2$.
2. Spannung 45 g, der Faden schwingt in zwei gleichen Teilen, die durch einen Knoten voneinander getrennt sind.

Dasselbe ergab sich bei den Spannungen 315 g und 79 g.

III. Ein Wollfaden von 2,6 m Länge wurde durch 1440 g gespannt, das Gewicht der Feder auf die Grundschwingung des Fadens eingestellt und unverändert gelassen.

1. Spannung 1440 g Grundschwingung.
2. Spannung $\frac{1440}{2^2} = 360$ g. Der Faden schwingt in zwei gleichen Teilen.
3. Spannung $\frac{1440}{3^2} = 160$ g. Der Faden schwingt in drei gleichen Teilen.
- 4., 5., 6. Spannung $\frac{1440}{4^2} = 90$ g, $\frac{1440}{5^2} = 57,6$ g, $\frac{1440}{6^2} = 40$ g.

Der Faden schwingt in vier, fünf, sechs gleichen Teilen.

IV. Auf einem 8,30 m langen Wollfaden wurden acht schwarze Marken in Abständen von je 1 m angebracht. Zunächst wurde der Faden bei Marke 1 über die Rolle gelegt, mit 150 g gespannt und die Feder mit ihm zur Resonanz gebracht. Dann wurde der Faden der Reihe nach bei Marke 2 bis 8 über die Rolle gelegt und das spannenende Gewicht stets so geregelt, daß es mit dem Gewicht des überhängenden Fadens zusammen 150 g betrug. So war schließlich der Faden zwischen den Enden durch sieben Knoten in acht gleiche Teile geteilt.

In III und IV sind die Phasenunterschiede der einzelnen Teile des Seiles wegen der Schnelligkeit der Schwingungen nicht zu beobachten. —

Zum Schluß seien einige Versuche mitgeteilt, die akustische Erscheinungen illustrieren. Zur Nachbildung der Resonanz zweier Pfeifen benutzte ich zwei Spiralen mit je 46 Windungen. Der Draht war 2 mm dick; die Weite der Spiralen betrug 18 mm. Ein 30 cm langer, 1 cm dicker Glasstab wurde mit seinen beiden Enden in zwei Stativen befestigt; an dem Stab wurden die beiden Spiralen aufgehängt und mit je 2 kg belastet. Die Schwingungsdauer beider Spiralen war dieselbe. Nun wurde nur die eine Spirale in Schwingungen versetzt. Schon nach einigen Schwingungen begann die zweite Spirale mitzuschwingen, und ihre Schwingungen wurden allmählich stärker. Darauf wurde die eine der Spiralen nur mit 1 kg belastet. Beide Federn waren also gegeneinander verstimmt, die Resonanz war gestört. Sie wurde dadurch wieder hergestellt, daß das Gewicht von 2 kg an einer höheren Stelle der Spirale aufgehängt wurde.

Mit zwei Federn, die bei den Resonanzversuchen an Seilen benutzt wurden, lassen sich die Resonanzerscheinungen an zwei Stimmgabeln nachbilden. Beide Federn werden in einen Schraubstock gespannt; die eine wird aus der Ruhelage herausgebogen und losgelassen. Das Gewicht der zweiten Feder wird nun so lange verschoben, bis sie kräftig mitschwingt. Beide Federn haben gleiche Schwingungsdauer. Verschiebt man das Gewicht einer Feder, so sind beide gegeneinander verstimmt, die Resonanz erlischt.

Mit Hilfe der beiden Federn ist es auch möglich, den Versuch über Schwebungen zweier Töne, deren Schwingungszahlen wenig voneinander verschieden sind, nachzubilden. Man verstimmt die Federn etwas gegeneinander, bringt beide aus der Ruhelage und läßt sie gleichzeitig los. Die Schwingungsphasen sind zunächst gleich, weichen allmählich mehr voneinander ab, werden entgegengesetzt und schließlich wieder einander gleich. Versetzt man nur die eine Feder in Schwingungen, so beginnt die zweite etwas mitzuschwingen, ihre Amplituden wachsen, nehmen wieder ab, werden fast Null, und der Vorgang wiederholt sich. Auch bei diesen Versuchen liegt der Vorteil darin, daß die Vorgänge sich langsam abspielen und infolgedessen mit dem Auge verfolgt werden können.

Ein Lichtzeiger für objektive Spiegelablesung.

Von

Dr. Wilhelm Volkmann in Charlottenburg.

Um den Ausschlag eines Spiegelgalvanometers in einem Hörsaal sichtbar zu machen, pflegt man den Faden einer Glühlampe, insbesondere einer Nernstlampe, mit einer Linse über den Spiegel hinweg auf der Skale abzubilden. Das Bild des Lichtfadens wird naturgemäß am besten sichtbar im Dunkeln; dann aber kann man die Striche der Skale nicht erkennen, die wiederum am besten im Hellen zu sehen sind. Man könnte eine Skale von hellen Strichen auf dunklem Grunde mit einem besonderen Apparat auf dem Schirm abbilden; das ist jedoch für die allermeisten Fälle zu umständlich. Bei dem vorliegenden Lichtzeiger wird ein anderer, übrigens nicht neuer Weg eingeschlagen, um günstigere Verhältnisse zu gewinnen. Es wird statt des hellen Striches ein dunkler in ausgedehntem hellen Felde auf die Skale geworfen. Diese darf nun an einer viel dunkleren Stelle angebracht werden als bei der üblichen Anordnung; denn der Lichtzeiger besorgt außer dem Entwerfen der Marke auch die Beleuchtung eines großen Teiles der Skale. Das Bild wird also ganz gleichartig dem, das man durchs Ablesefernrohr zu sehen gewohnt ist.

Der Lichtzeiger ist in Fig. 1 schematisch im Durchschnitt dargestellt. Er ist nichts anderes als ein kleiner Projektionsapparat, und außer der zweckmäßigen Aus-

U. XXIV.



wahl der Linsen kommt es nur auf die Beschaffung einer geeigneten Lichtquelle an. *A* ist ein Metallfadentämpchen, das bei 2 Volt etwa 4 Kerzen liefert; der Faden ist in die Form einer kleinen Schraubenlinie gebracht, wodurch das Licht sehr vollkommen durch den Kondensor *B* ausgenutzt wird. Dieser bildet die Lichtquelle auf der Projektionslinse *D*, einem achromatischen Fernrohrobjektiv, ab. Das Bild wird um so

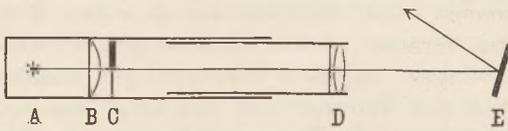


Fig. 1.

größer, je weiter die Linsen *B* und *D* voneinander entfernt sind. Je kleiner also der Spiegel *E* des Galvanometers ist, um so kürzer muß man den Abstand *BD* nehmen, damit alles Licht vom Spiegel aufgefangen werden kann.

Nahe am Kondensor, zwischen ihm und der Projektionslinse, befindet sich die Marke *C*, die als dunkler Strich im hellen Felde auf der Skale abgebildet werden soll. Die Marke setzt sich nach Fig. 2, wie ihr Bild auf der Skale zeigt, aus einem breiten Streifen und einem sehr schmalen zusammen. Der erstere ist ein Blechstreif, der andere ein dünner Draht, der leicht ausgewechselt werden kann. Der breite Schatten leitet, besonders bei ballistischen Versuchen, den Blick zu der richtigen Stelle, der schmale dient der genauen Ablesung. Der Abstand *CD* ist ein wenig mehr als die

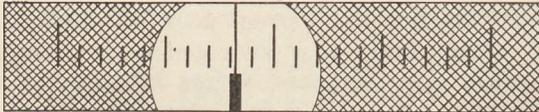


Fig. 2.

Brennweite von *D*. Er kann verändert werden, indem man an dem Fassungsrohr von *D* dreht. Dieses hat nämlich einen schrägen Schlitz, der einen am Apparate festen Stift umfaßt; es gleitet daher beim Drehen vor oder zurück.

Je kürzer nun die Brennweite der Projektionslinse *D* ist, um so stärker wird bei gleichem Skalenabstand die Marke vergrößert, und im quadratischen Verhältnis zu dieser Vergrößerung wird die Helligkeit des umgebenden Feldes geringer. Fordert man eine bestimmte Helligkeit, d. h. eine bestimmte Größe des Feldes, so muß man also die Brennweite von *D* um so größer wählen, je größer man den Skalenabstand haben will. Das fordert aber nach einer früheren Überlegung auch einen größeren Durchmesser der Linse *D* und des Spiegels *E*.

Der Lichtzeiger ist zunächst in zwei Größen, die zu 10 und 15 mm großen Spiegeln passen, angefertigt. Der Apparat hat die Gestalt einer kleinen Kanone, die um eine senkrechte und eine wagerechte Achse leicht geschwenkt werden kann; der Stiel ist in einem beliebigen Stativ zu befestigen. Man stellt den Apparat 10 bis 20 cm vor dem Galvanometer auf, so weit vor der Linse ist nämlich der Lichtstrahl am engsten, und richtet das Licht flach aufwärts auf den Spiegel, der es dann dicht über den Apparat zurückwirft. Der Apparat hat noch einen abnehmbaren Hilfsspiegel mit dem man das vom Galvanometerspiegel kommende Licht nach oben werfen kann. Bei dieser Anordnung befindet sich die Skale über dem Galvanometer dicht unter der Zimmerdecke, das heißt an einer Stelle, wo sie nur von sehr wenig Tageslicht getroffen wird. Diese Anordnung zeichnet sich durch Übersichtlichkeit und gute Wirkung aus.

Eine naheliegende Frage ist, wie sich die Helligkeit der vorgeschlagenen Anordnung zu der der gewöhnlichen mit dem Nernststift verhält. Da vielfach ein Ein-Amp.-Stift als besonders geeignet empfohlen wird, so sei zunächst darauf hingewiesen, daß die schwächeren, von $\frac{1}{2}$ und $\frac{1}{4}$ Amp., genau dasselbe leisten. Die ausnutzbare Linsengröße ist allemal durch die Spiegelgröße beschränkt; will man nun die drei Nernststifte in gleicher Breite abbilden, so hat man Linsen von verschiedener Brennweite zu nehmen. Die von kürzerer Brennweite verarbeitet dann einen weiteren Lichtkegel, nimmt also einen größeren Teil der Gesamtstrahlung auf, als die lang-

brennweite; dafür steht sie aber auch der entsprechend kleineren Lichtquelle gegenüber, und die Bilder der drei Leuchtstifte werden gleich breit und gleich hell. Die Flächenhelligkeit des Bildes ist überhaupt, abgesehen von ganz kurzen Brennweiten, von der Linsenbrennweite unabhängig und wird nur durch den Linsendurchmesser und den Projektionsabstand bestimmt.

Was nun die Helligkeit bei dem vorliegenden Apparat angeht, so nutzt sein Kondensator die Lichtmenge aus, die von den Lämpchen bei einem Meter Abstand auf eine Kreisfläche von 60 cm Durchmesser fallen würde. Dieses Licht findet man auch in dem hellen Feld wieder, das der Apparat entwirft. Es hat für den größeren bei 6 m Skalenabstand 30 cm Durchmesser, zeigt also bei einem 4-Kerzen-Lämpchen eine Flächenhelligkeit, wie sie 16 Kerzen in einem Meter Abstand liefern würden. Vergleichen wir nun damit die Abbildung eines Nernststiftes bei 6 m Abstand und 15 mm Linsendurchmesser. Sei ein Ein-Amp.-Stift, der etwa 1,1 mm dick ist, auf 33 mm Breite abgebildet, so steht die Linse 20 cm von ihm entfernt, nimmt also das Licht auf, das in einem Meter Abstand eine Kreisseibe von 7,5 cm Durchmesser erleuchten würde. Ein 1 mm langes Stück des Stiftes liefert 4 Kerzen und wird auf 10 qcm abgebildet mit einer Flächenhelligkeit, wie sie $3,75^2 \cdot \pi \cdot 4 : 10 = 18$ Kerzen in einem Meter Abstand liefern würden.

Unter vergleichbaren Verhältnissen gibt also der neue Lichtzeiger ein fast ebenso helles Bild, aber eine wesentlich schärfere Marke.

Von großer und, nach dem gebräuchlichen Material zu urteilen, wenig beachteter Bedeutung ist für die Deutlichkeit der Ablesung die Gestalt der Skale. Ich habe darüber eingehende Versuche angestellt und bin zu folgender Meinung gekommen. Die Strichdicke soll geringer als $\frac{1}{10}$ des Strichabstandes sein, $\frac{1}{15}$ scheint am günstigsten zu sein. Die Strichlänge soll dem Strichabstande gleich oder nur wenig größer sein, die fünften Striche um einen halben, die zehnten Striche um einen ganzen Strichabstand länger. Das Blatt, auf dem die Skale gezeichnet ist, soll rund um die Skale einen mindestens zwei Strichabstände breiten weißen Rand haben. Bei 20 Strichen sind noch keine Zahlen nötig; ihre Weglassung erhöht die Übersichtlichkeit. Die Skalen (Fig. 2) sind in dieser Einrichtung denen ähnlich, die man bei analytischen Wagen zu verwenden pflegt; sie sollen so groß genommen werden, daß eine bequeme Zehntelschätzung möglich ist. Für ein Schulzimmer dürfte ein Strichabstand von 3 cm eben ausreichen.

Die bisher üblichen Skalen sind meist so eng geteilt, daß nicht nur die Zehntelschätzung unmöglich ist, sondern selbst die Unterscheidung der einzelnen Striche auf größere Entfernung Schwierigkeiten bereitet. Die Grenzen für die Möglichkeit dieser beiden Unterscheidungen liegen näher aneinander, als man meinen sollte. Geht man von einer in Zentimeter geteilten Skale, deren Strichdicke und Strichlänge möglichst günstig vorausgesetzt sei, so weit weg, daß die Unterscheidung der einzelnen Striche eben Schwierigkeiten zu machen beginnt, so kann man in demselben Abstand auf einer Skale mit 3 cm Teilungsweite recht gut Zehntel schätzen, wenn die Marke sich durch ihre Länge gut von den Teilstrichen der Skale abhebt. Gerade hierfür ist der breite weiße Rand nötig. Skalen mit langen Strichen sind immer unklar, weil sich die Fünfer und Zehner nicht genügend hervorheben, während sie bei Skalen mit kurzen Strichen kleine übersichtliche Gruppen aus der Gesamtheit der Striche deutlich herausheben. Auch mit mehr als zwanzig Strichen wird die Skale unübersichtlicher, da nicht mehr ein Blick genügt, um festzustellen, in welcher Gruppe man sich befindet; es sind dann Ziffern nötig, die die Klarheit des Bildes sehr beeinträchtigen. Für Vorlesungsversuche dürfte die Meßgenauigkeit, die bei 20 Strichen mit Zehntelschätzung zu erreichen ist, immer genügen.

Der Apparat wird von Gans & Goldschmidt, Elektrizitätsgesellschaft m. b. H., Berlin, N. 4, Chausseestr. 25, in den Handel gebracht.

Über eine einwandfreie Ausgestaltung des Kräfteparallelogramm-Versuches im Falle zweier unter rechtem Winkel angreifender Komponenten.

Von

Dr. W. Jaeckel in Ohlau.

Im 4. und 6. Heft des 22. Jahrganges dieser Zeitschrift hat Herr E. Schulze einen Versuch angegeben, durch den der fundamentale Satz des Kräfteparallelogrammes in einer einfachen Anordnung experimentell hergeleitet werden soll. Die Ausführung dieses Experimentes, bei welchem eine Masse m durch die Gewichte zweier anderer Massen μ_1 und μ_2 mittels langer Fäden in Bewegung gesetzt wird, birgt, wie der Verf. selbst bemerkt, den Übelstand in sich, daß die auf die Masse m einwirkenden Gewichte k_1 und k_2 der beiden Komponenten nicht nur die Masse m , sondern auch die eigenen Massen μ_1 und μ_2 in Bewegung zu setzen haben.

Auf diesen Übelstand wird im 2. Heft des 23. Jahrganges, S. 94, noch einmal eingegangen und in den Formeln 11) und 12), welche die Beschleunigungskomponenten der durch die beiden Kräfte k_1 und k_2 bewegten Masse m angeben, die endgültige Lösung dieser Frage herbeigeführt. Die Schlußantwort läßt aber diesen wichtigen Versuch leider nicht mehr einwandfrei erscheinen, indem nur dann, „wenn m im Vergleich zu μ_1 und μ_2 sehr groß ist, die Richtung AD des Weges, den die Masse m nimmt, fast genau mit der Richtung der Diagonale AD' des aus den Kräften $\mu_1 g$ und $\mu_2 g$ gebildeten Parallelogramms übereinstimmt, daß dagegen, falls m im Vergleich zu μ_1 und μ_2 sehr klein ist, die Masse m sich annähernd auf der Halbierungslinie von a bewegt“.

Bei der Wichtigkeit des darzutunenden Satzes und der natürlichen Einfachheit, welche die Anordnung auszeichnet, wird das Streben berechtigt erscheinen, den in Rede stehenden Versuch zu retten, in dem Sinne, daß die Richtung des Weges, den die Masse m nimmt, mathematisch genau übereinstimmt mit der Richtung der Diagonale des aus den komponierenden Kräften gebildeten Parallelogrammes.

Zur Vermeidung unnützer Weiterungen möge das Folgende eng an die Darstellung und Bezeichnungsweise des zuletzt genannten Aufsatzes (II, 23. Jahrgang, S. 94, 95) angeschlossen werden.

Die einzige Abänderung, welche der Versuch erfährt, sei die, daß an der Rolle N statt der Masse μ_2 die Masse $\frac{\mu_1 + \mu_2}{2}$ und, mit ihr nach dem Prinzip der festen Rolle verbunden, auf der linken Seite von N die Masse $\frac{\mu_1 - \mu_2}{2}$ aufgehängt werde (Figur S. 22).

Als Antrieb der Bewegung ergibt sich ein Gewicht von der Größe

$$\left(\frac{\mu_1 + \mu_2}{2} - \frac{\mu_1 - \mu_2}{2} \right) g = \mu_2 \cdot g,$$

also genau dieselbe Kraft wie beim ursprünglichen Versuch. Das einzige, was sich abändert, ist die Masse, die hier in Bewegung gesetzt werden muß; sie beträgt

$$\frac{\mu_1 + \mu_2}{2} + \frac{\mu_1 - \mu_2}{2} = \mu_1.$$

Demzufolge bleiben zunächst die Gleichungen 1) bis 8) des genannten Aufsatzes, in denen die Massen nicht vorkommen, bestehen. (σ_2 ist bei dem hier gedachten Versuch die Strecke, um die sich die größere Masse $\frac{\mu_1 + \mu_2}{2}$ nach unten, die kleinere Masse $\frac{\mu_1 - \mu_2}{2}$ nach oben bewegt.)

Ebenso bleibt aber auch Gleichung 9) bestehen, da die an der Rolle M hängende Masse μ_1 unverändert geblieben ist.

Die einzige Abänderung erfährt die Verteilung der Kräfte im Faden AN : Drei Kräfte sind jetzt an der Rolle N wirksam: 1. die Kraft, mit der $\frac{\mu_1 + \mu_2}{2}$ nach unten strebt, 2. die von $\frac{\mu_1 - \mu_2}{2}$ hervorgerufene Gegenkraft $\frac{\mu_1 - \mu_2}{2} \cdot g$, 3. die Gegenkraft welche die Masse m ihrer Fortbewegung mit der in die Richtung AN fallenden Beschleunigungskomponente b_2 entgegensetzt, $m b_2$; zusammen die Kräfte

$$\frac{\mu_1 + \mu_2}{2} \cdot g - \frac{\mu_1 - \mu_2}{2} \cdot g - m \cdot b_2.$$

Der Erfolg ist eine Fortbewegung der an der Rolle N hängenden beiden Massen mit der Beschleunigung β_2 , also eine Kraft

$$\left(\frac{\mu_1 + \mu_2}{2} + \frac{\mu_1 - \mu_2}{2} \right) \cdot \beta_2.$$

Es ergibt sich also hier die Gleichung:

$$\frac{\mu_1 + \mu_2}{2} \cdot g - \frac{\mu_1 - \mu_2}{2} \cdot g - m b_2 = \left(\frac{\mu_1 + \mu_2}{2} + \frac{\mu_1 - \mu_2}{2} \right) \cdot \beta_2$$

oder

$$\begin{aligned} \mu_2 g - m b_2 &= \mu_1 \beta_2 \\ m b_2 &= \mu_2 g - \mu_1 \beta_2. \end{aligned}$$

Diese Gleichung tritt in unserem Falle als 10') an Stelle der Gleichung 10) und ist zusammen mit den früheren Gleichungen 1) bis 9) aufzulösen. Die Ausrechnung ergibt:

$$b_1 = \frac{g [\mu_1 (m + \mu_1) - \mu_1 \mu_2 \cos \alpha]}{m^2 + 2 m \mu_1 + \mu_1^2 \sin^2 \alpha}$$

$$b_2 = \frac{g [\mu_2 (m + \mu_1) - \mu_1^2 \cos \alpha]}{m^2 + 2 m \mu_1 + \mu_1^2 \sin^2 \alpha}.$$

Hieraus folgt:

$$\frac{b_1}{b_2} \text{ d. i. } \frac{s_1}{s_2} = \frac{\mu_1 (m + \mu_1) - \mu_1 \mu_2 \cos \alpha}{\mu_2 (m + \mu_1) - \mu_1^2 \cos \alpha}.$$

Auch hier ist das Resultat, solange es sich um einen beliebigen Winkel α handelt, unbefriedigend und der Versuch nur für eine vergleichsweise große Masse m beweiskräftig. Sobald aber $\alpha = 90^\circ$ ist, wird

$$b_1 = \frac{g \mu_1}{m + \mu_1}, \quad b_2 = \frac{g \mu_2}{m + \mu_1}, \quad \frac{s_1}{s_2} = \frac{b_1}{b_2} = \frac{g \cdot \mu_1}{g \cdot \mu_2}.$$

In diesem Falle ergibt sich also — unabhängig von der Größe der als Antrieb wirkenden Massen μ_1, μ_2 und der Größe der fortbewegten Masse m — eine vollständige Übereinstimmung zwischen der Richtung der resultierenden Bewegung und der Diagonale des Kräfteparallelogrammes.

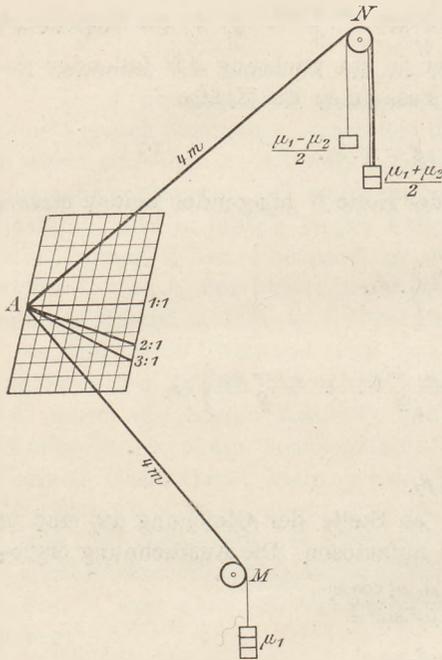
Die lediglich für den Fall $\alpha = 90^\circ$ gültigen Gesetze ergeben sich natürlich schneller durch Anwendung der spezialisierten Formeln 7) und 8).

Gehen wir nun von diesen theoretischen Erwägungen zur Nachprüfung durch den Versuch über, so sei zunächst über die praktische Ausgestaltung desselben folgendes hier mitgeteilt:

Als Unterlage diene ein großer Bogen Koordinatenpapier, auf dem erstens die aufeinander senkrechten Richtungen der beiden Fäden sowie zweitens die Richtungen der Resultierenden, die dem Verhältnis 3:1, 2:1, 1:1 der beiden Komponenten entsprechen — sämtliche Richtungen von dem Mittelpunkte der einen Seitenkante des Bogens aus — vorgezeichnet waren. Den Antrieb bewirkten die Gewichte von 150 g* und 50 g*; abgeändert wurde lediglich die zu bewegende Masse, für die die im Verhältnis zu den Antriebskräften kleinen Beträge von 50 g, 20 g, 10 g und schließlich ~ 0 g gewählt wurden.

Jeder Versuch wurde auf zwei Arten angestellt, einmal in der bisher üblichen einfachen, darnach in der hier angegebenen neuen Anordnung.

Da bei der Kleinheit der in Bewegung zu setzenden Masse die Bewegung zu rasch vor sich geht, als daß noch eine genaue Fixierung des zurückgelegten Weges möglich wäre, wurde ein Teil des Koordinatenpapiers mit Bärlappsaamen bestreut, in dem auch kleine Massen ihre Spur mit hinreichender Deutlichkeit einprägten. Um ferner ein Versuchsergebnis rasch nacheinander durch einen ganzen Satz von Beobachtungen bestätigen zu können, empfiehlt es sich, die Masse m mit einem in der Nähe des Ausgangspunktes eingeschlagenen Nagel durch einen Faden von bestimmter Länge, der nur eine bestimmte Bewegungsweite gestattet, zu verbinden.



Die auf Grund dieser praktischen Erwägungen angestellten Versuche hatten folgendes Ergebnis:

Für $m = 50 \text{ g}$ ergab sich bei der neuen Versuchsanordnung genau die Richtung, welche dem Verhältnis der Komponenten $150 \text{ g}^* : 50 \text{ g}^* = 3 : 1$ entspricht und die hier kurz als die 3 : 1-Richtung bezeichnet werden möge; bei der alten Versuchsanordnung hingegen verlief die Resultierende zwischen der 1 : 1- und der 2 : 1-Richtung, näher an letzterer.

Rechnet man auf Grund der in der zitierten Abhandlung S. 95 unten für $\alpha = 90^\circ$ aufgestellten Formel

$$\frac{s_1}{s_2} = \frac{\mu_1 \cdot g \cdot (m + \mu_2)}{\mu_2 \cdot g \cdot (m + \mu_1)}$$

nach, so erhält man im vorliegenden Falle

$$\frac{s_1}{s_2} = \frac{150 \cdot g \cdot 50 + 50}{50 \cdot g \cdot 50 + 150} = \frac{150 \cdot 100}{50 \cdot 200} = \frac{3}{1} \cdot \frac{1}{2} = \frac{3}{2},$$

eine Richtung, die sich auf dem Koordinatenbogen als Unterlage sofort angeben läßt, und die auch mit dem Versuchsergebnis hinreichend übereinstimmt.

Für $m = 20 \text{ g}$ ergab sich auf Grund der neuen Versuchsanordnung wiederum genau die 3 : 1-Richtung, auf Grund der alten Anordnung eine Richtung, die wiederum zwischen der 1 : 1- und der 2 : 1-Richtung, jetzt näher nach 1 : 1 hin, lag.

Die genaue Rechnung ergibt in diesem Falle

$$\frac{s_1}{s_2} = \frac{150 \text{ g}}{50 \text{ g}} \cdot \frac{20 + 50}{20 + 150} = \frac{3}{1} \cdot \frac{70}{170} = 3 \cdot \frac{7}{17} = \frac{21}{17} \sim \frac{1,2}{1},$$

eine Richtung, die wiederum im Einklang mit dem Versuch steht.

Für $m = 10 \text{ g}$ ergab sich auf Grund der neuen Versuchsanordnung fast genau die 3 : 1-Richtung (mit einer geringen Abweichung nach der 1 : 1-Richtung hin), während die Resultierende auf Grund der alten Versuchsanordnung nahe an die 1 : 1-Richtung fiel; die Rechnung ergibt dann

$$\frac{s_1}{s_2} = \frac{150}{50} \cdot \frac{60}{160} = \frac{3}{1} \cdot \frac{3}{8} = \frac{9}{8}.$$

Aus allen drei Versuchen folgt mit Bestimmtheit, daß der von Herrn E. Schulze angegebene einfache Kräfteparallelogrammversuch auch bei verhältnismäßig kleinen

in Bewegung zu setzenden Massen (10 g, gezogen von 50 und 150 g) noch gültig bleibt, wenn er in der hier beschriebenen Weise abgeändert wird.

An diesem Ergebnis vermag wohl auch die Tatsache nichts zu ändern, daß man auf Ungenauigkeiten im Resultat stößt, wenn man die zu bewegende Masse m noch weiter verringert, sie schließlich durch ein Korkstückchen darstellt: In diesem vierten Versuchsfalle ließ sich ein bestimmter Weg mit Sicherheit nicht mehr feststellen; es hatte den Anschein, als ob in diesem Falle die (4 m langen) Fäden mangels des nötigen Bewegungswiderstandes — selbst der Schwerkraft folgend — nicht mehr straff genug gespannt waren, so daß die in den Fäden wirkenden Zugkräfte nur zum Teil zur Geltung kamen.

Kleine Mitteilungen.

Zur Herleitung des Gravitationsgesetzes aus den Keplerschen Gesetzen und umgekehrt auf Grund des Energieprinzips.

Von Oberlehrer Dr. P. Kirchberger in Charlottenburg.

Die interessanten Ausführungen des Herrn TEEGE in dieser Zeitschrift (XXIII, 207) haben die Tendenz, die Entbehrlichkeit des Kraftbegriffs und die Vorzüglichkeit des Energieprinzips für das in Rede stehende Problem darzutun. Mir scheint jedoch, daß die dortigen Betrachtungen zum Teil auf einer nicht völlig selbstverständlichen Voraussetzung beruhen, deren klare Herausarbeitung wieder durch den Kraftbegriff in so viel leichter Weise möglich ist als durch das Energieprinzip, daß sich dadurch meines Erachtens die Sachlage völlig verschieben dürfte.

In dem erwähnten Aufsatz ist unter anderm lediglich auf Grund

1. des Energieprinzips,
2. des Ausdrucks $\frac{mv^2}{2}$ für die kinetische Energie (bei ein und demselben Körper),
3. des Ausschlusses nicht mechanischer Energieformen

die Abhängigkeit des dritten Keplerschen Gesetzes von den beiden ersten dargetan. Man überzeugt sich aber leicht, daß ohne weitere Voraussetzungen eine derartige Abhängigkeit gar nicht besteht, ihr Nachweis also auch nicht möglich sein kann. In der Tat, nehmen wir an, daß der Mars plötzlich an jedem Punkte seiner Bahn die doppelte Geschwindigkeit annähme, seinen Umlauf um die Sonne demzufolge in der Hälfte der Zeit ausführte, so ist nicht abzusehen, welche unserer drei allgemeinen Voraussetzungen oder welches der beiden ersten Keplerschen Gesetze durch eine derartige Annahme verletzt würde. Ganz gewiß ist also noch eine allgemeine Voraussetzung nötig, die eine solche Möglichkeit ausschließt. Und diese Voraussetzung ist auf Grund des alten Kraftbegriffes sehr leicht einzusehen: Die Verdoppelung der Marsgeschwindigkeit unter Beibehaltung seiner Bahn ist nur möglich unter der Voraussetzung, daß auch die Anziehungskraft der Sonne auf den Mars sich verdoppelte, und das schließt wieder, wenn die andern Planeten Bahn und Geschwindigkeit beibehalten sollen, die weitere Annahme in sich, daß die Planeten eigentümliche Konstanten haben müßten, von denen die Anziehungskraft der Sonne abhinge, daß also die Anziehungskraft der Sonne keine reine Funktion des Raumes wäre. Von diesem Standpunkte aus wäre also statt der Abhängigkeit des dritten Keplerschen Gesetzes von den beiden ersten folgender Satz aufzustellen: Nach Annahme der beiden ersten Keplerschen Gesetze ist das dritte Keplersche Gesetz identisch mit dem Axiom, daß die Anziehungskraft der Sonne eine reine Funktion des Ortes und unabhängig von dem Planeten sein soll, auf den sie wirkt. Gerade dieses Axiom aber, das, wie man sich nachdrücklich überzeugen muß, von dem

Energieprinzip völlig unabhängig ist, ist nach unserer Meinung sehr viel durchsichtiger auf Grund des Kraftbegriffs als auf Grund energetischer Betrachtungen. Denn wodurch unterscheiden sich letzten Endes die Begriffe „Kraft“ und „Energie“? Doch wohl (natürlich abgesehen von ihrer Dimension) dadurch, daß die Kraft abstrakt gedacht wird, losgelöst von dem Körper, auf den sie wirkt, die Energie dagegen ganz konkret, nur in Verbindung mit einem bestimmten Körper. — In der mehrerwähnten Abhandlung wird die Frage aufgeworfen, ob für beliebige Punkte mit gleichem Abstand vom Zentralkörper die Distanzenergie gleich sei (Auf der Bejahung dieser Frage beruht der Beweis der Abhängigkeit des dritten Keplerschen Gesetzes.) Nun hat aber ein Punkt gar keine Distanzenergie, sondern die hat nur ein mit Masse behafteter Körper. Tatsächlich wird denn auch im folgenden die Distanzenergie durch die Masse dividiert. Fortwährend aber wird operiert mit der Vorstellung einer unabhängig von Körpern existierenden, überall im leeren Raum verstreuten Distanzenergie (oder genauer: $\frac{\text{Distanzenergie}}{\text{Masse}}$), eine Vorstellung, die meines Erachtens dem Sinn und Geist einer energetischen Weltanschauung schnurstracks zuwiderläuft, ebenso übrigens wie der Begriff eines „nach allen Richtungen hin gleich beschaffenen Gravitationsfeldes“.

Die Hauptfrage scheint mir die zu sein: Kommt man bei der in Frage stehenden Ableitung mit Begriffen aus, die wirkliche physikalische Realitäten darstellen, wie es die Bewegungsenergie eines bewegten Körpers ist, oder benutzt man in entscheidender Weise mathematische Abstraktionen aus den physikalischen Begriffen, wie die „Kraft“ eine solche darstellt? Ist letzteres notwendig, so scheint es mir eine weit geringere Rolle zu spielen, welche der vielen möglichen mathematischen Kombinationen man bevorzugen will, ob die „Kraft“ oder $\frac{\text{Distanzenergie}}{\text{Masse}}$. In letzterem Fall ändert man wohl die mathematischen Ausdrücke, mit denen operiert wird, deren Dimensionen usw., aber doch nicht eigentlich den Gedankenapparat, den die Kraftmechanik zu ihrem Betrieb nötig hat, sozusagen den metaphysischen Hintergrund, auf dem sie aufgebaut ist.

Bemerkung über die Empfindlichkeit der Wage.

Von A. Batschinski, Privatdozent an der Universität Moskau.

Es scheint nicht bemerkt zu sein, daß die allbekannte Eulersche Formel für die Empfindlichkeit der Wage eine nicht unbedeutende Vereinfachung gestattet.

Man hat nämlich

$$\omega = \frac{l}{e \cdot G},$$

wo ω die Empfindlichkeit, l die Balkenlänge, e der Abstand des Schwerpunktes von der Mittelschneide, G das Balkengewicht ist.

Nun ist aber

$$G = \rho \cdot v = \rho \cdot l \cdot \sigma,$$

wo ρ das mittlere spezifische Gewicht des Materials, v das Volumen, σ der Mittelwert des Querschnittes des Balkens ist. Also bekommen wir

$$\omega = \frac{l}{e \cdot \rho \cdot l \cdot \sigma}$$

oder

$$\omega = \frac{1}{e \cdot \rho \cdot \sigma}.$$

Es folgt daraus, daß die Empfindlichkeit 1. dem Abstände e , 2. dem mittleren spezifischen Gewichte des Balkenmaterials, 3. dem mittleren Balkenquerschnitte verkehrt proportional ist.

Man sieht außerdem, 1. daß die Balkenlänge l keinen direkten Einfluß auf die Empfindlichkeit ausübt, 2. daß die kurzarmige Wage einen Vorteil besitzt, weil in diesem Falle σ vermindert werden kann, ohne Gefahr, die Biegung des Balkens hervorzurufen.

Es ist bekannt, daß diese Schlüsse mit der Praxis völlig übereinstimmen.

Die Stellung der Mondsichel als Mittel zur Bestimmung der geographischen Breite.

Von E. Weber in Pasewalk.

Wer nie die mittleren Breiten verlassen hat, wer die Mondsichel nie anders gesehen hat als in der bekannten „3“- oder „2“-Form, der wird wohl kaum auf den Gedanken kommen, daß es mit der Stellung der Mondsichel noch eine besondere Bewandnis hat. Wer indes einmal in die äquatorialen Gegenden hinuntergereist ist, wird aufs Höchste erstaunt gewesen sein, zu beobachten, daß die Mondsichel hier horizontal verlaufend wie ein Kahn den Weltenraum durchsegelt. Was hat es nun damit für eine Bewandnis? Wie kann die geographische Breite eines irdischen Ortes einen Einfluß auf die Lichtgestalt eines Weltenkörpers haben?

Um das zu untersuchen, müssen wir uns einmal die Entstehung der Mondphasen ins Gedächtnis zurückrufen: Der Mond erscheint uns nur so weit, als er von der Sonne beleuchtet ist. Da er nun bei seinem Umlauf um die Erde seine Stellung zu Sonne und Erde wechselt, so müssen auch seine Lichtgestalten wechseln. Stehen die drei Körper in der Richtung Erde—Mond—Sonne, so kehrt uns der Mond seine unbeleuchtete Seite zu, ist also unsichtbar (Neumond).—Rückt der Mond etwas aus dieser Lage heraus, so erscheint am rechten Rand [von uns aus gesehen] eine leuchtende Sichel, der bekannte „3“-Bogen. Die Sichel wird größer in dem Maße, als der Mond sich von der Linie Erde—Sonne entfert, sehr einfach, weil nun der beleuchtete Teil des Mondes immer mehr in unseren Gesichtskreis rückt. Soweit ist die Sache ganz klar. Warum aber hat die Sichel bei uns eine andere Lage als am Äquator? Es erscheint das auf den ersten Anblick höchst wunderbar; bei längerem Nachdenken aber wird es uns ganz selbstverständlich. Die Sonne beschreibt in unseren Breiten einen anderen Winkel mit dem Horizont als in den tropischen Gegenden, also muß sie auch den Mond von einer anderen Seite her beleuchten. Noch anders werden sich die Dinge gestalten, wenn wir zum Nordpol hinaufwandern. Überhaupt können wir sagen, daß zu jeder geographischen Breite eine ganz bestimmte Beleuchtung des Mondes, also auch eine ganz bestimmte Stellung der Mondsichel gehört.

Um diese Fälle genauer zu untersuchen, nehmen wir zunächst am besten die extremen Lagen, Pol und Äquator, an, von denen man dann leicht zu den mittleren Breiten übergehen kann. Für einen Beobachter, der auf dem Nordpol der Erde steht, scheint die Sonne jahraus, jahrein parallel zum Horizont am Himmel herum zu laufen. Da nun die Mondbahn nur einen kleinen Winkel [5°] mit der scheinbaren Sonnenbahn bildet, so kann man, ohne einen großen Fehler zu begehen, annehmen, daß für den Beobachter am Pol auch der Mond parallel zum Horizont am Himmel herumläuft. Der Mond kann also hier niemals von oben oder von unten beleuchtet werden, sondern nur von der Seite. Die Mondsichel muß also hier entweder am linken oder am rechten Rand der Mondscheibe erscheinen, d. h. sie muß aufrecht stehen.

Ganz anders am Äquator: Hier steigt die Sonne jahraus, jahrein senkrecht über den Horizont auf; infolgedessen kann hier der Mond nicht von der Seite beleuchtet werden, sondern nur von oben oder von unten. Die Mondsichel erscheint wagerecht, und zwar am oberen oder unteren Rand der Mondscheibe, je nachdem die Sonne

oben oder unten steht. Praktisch kommt aber nur der letztere Fall in Betracht, da die Beleuchtung von oben nur am Tag eintreten kann, wodurch das intensive Sonnenlicht die Mondsichel bis zur Unsichtbarkeit überstrahlt wird. Am Äquator sieht man also die Mondsichel nie anders als in der eigenartigen Kahnform.

Was nun die übrigen Stellen der Erdoberfläche betrifft, so zeigt sich an ihnen die Mondsichel, oder genauer die Verbindungslinie der beiden Hörner derselben, in schräger Lage, und zwar so, daß man aus der Neigung dieser Linie gegen die Horizontale mit ziemlicher Genauigkeit die geographische Breite des betreffenden Ortes ablesen kann. In Berlin müßte diese Linie also etwa unter 52° gegen die Horizontale geneigt sein, wovon man sich tatsächlich überzeugen kann. Man mache an irgendeinem Ort der Erde die Probe, und man wird die Regel stets bestätigt finden¹⁾.

Wer genau beobachtet, dem ist es längst aufgefallen — wenn er diese Regel auch nicht kannte —, daß die Mondsichel bei uns in Deutschland eine schräge Lage hat, daß sie nicht genau ein „3“, bzw. ein „2“ darstellt, was allein in der Nähe der Pole der Fall ist.

Wir haben also hiermit eine neue Methode, uns auf der Erde zu orientieren, gefunden, die zwar weniger durch ihre Genauigkeit imponiert, als daß sie uns durch ihre Eigenart überrascht, und die uns noch besonders deshalb interessant ist, weil sie uns einmal wieder zeigt, wie relativ alle unsere Beobachtungen sind, selbst die astronomischen, indem wir durch Veränderung unseres Standortes die Lichtgestalten eines Weltenkörpers zu beeinflussen vermögen.

Ein Umkehr-Volumeter zur Raumbestimmung kleiner Körper.

Von Dr. A. Wendler in Erlangen.

Im 4. Heft (XXII, Juli 1909) S. 237 habe ich für die Volummessung kleiner Körper ein Verfahren angegeben, dessen Beschreibung ich, um Mißverständnissen vorzubeugen, in einem Punkte ergänzen möchte. Bei den provisorischen Versuchen

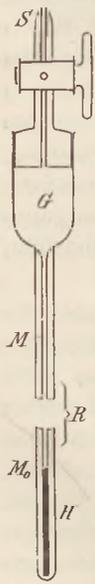


Fig. 1.

mit einer nach Art der dortigen Fig. 1 konstruierten, aber unten offenen Röhre — die übrigens ursprünglich anderen Zwecken diente — wurde zuerst der Verschluß mit dem Finger besorgt, nachdem das in die Röhre eingebrachte Quecksilber durch wiederholtes vorsichtiges Lüpfen des Verschlußfingers an die tiefste Stelle (Fig. 1, S. 237) gebracht war. Bei der Umkehrung des Apparates konnte jetzt nach Entfernung des Verschlußfingers der Quecksilberfaden infolge seines Gewichtes sinken und die abgeschlossene Luft, wie in den Formeln vorausgesetzt, unter den Druck $b + H$ setzen.

Bei den weiteren Versuchen wurde der Verschluß durch ein Siegellaekköpchen besorgt, welches, ohne luftdichten Abschluß zu bewirken, das Abfließen des Quecksilbers verhinderte. Auch ein unten eingepreßtes Wattebäuschchen leistet die gleichen Dienste und macht so den Hahn H_1 der Fig. 2a (S. 239) überflüssig. Will man diesen aber benutzen, so ist er, während der Quecksilberfaden zurückläuft, immer so weit geschlossen zu halten, daß er eben noch die Verbindung mit der Außenluft herstellt und bei der Ankunft des Fadens H rechtzeitig abgeschlossen werden kann, bevor Quecksilber ausläuft.

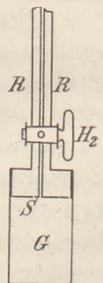
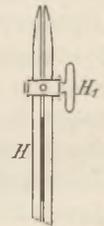


Fig. 2 a.

Auch wäre noch darauf hinzuweisen, was bei der Beschreibung der Fig. 1 übersehen wurde, daß beim Abschmelzen des unteren Rohrendes auf irgendeine Weise

¹⁾ Die Probe gelingt nur, solange die Mondsichel noch schmal ist, solange die „Hörner“ noch zu sehen sind. Bei größerer Breite wird die Bestimmung schwieriger.

dafür zu sorgen ist, daß zwar ein quecksilberdichter, aber kein luftdichter Abschluß entsteht. Würde man, wie man aus der Fig. 1 entnehmen könnte, einen absoluten Abschluß herstellen, so würde der Quecksilberfaden nach Umkehrung des Rohres überhaupt nicht herabsinken.

Wellenmaschine zur Demonstration der Interferenz zweier gegeneinander laufender Wellen.¹⁾

Von Dr. **Wilhelm Bahrdt** in Groß-Lichterfelde.

Der im folgenden beschriebene Apparat hat den Zweck, die Entstehung stehender Wellen durch Interferenz zweier mit gleicher Geschwindigkeit gegeneinander kongruenter Wellenzüge im Klassenunterricht zu demonstrieren. Die völlige Klarheit über diese Art der Entstehung stehender Wellen ist für den Schüler zum unumgängliche Voraussetzung. Nun ist es, wie mit mir wohl mancher Fachkollege beobachtet hat, durchaus nicht leicht, durch eine Zeichnung dem Schüler die Entstehung stehender Wellen klarzumachen; denn eine Zeichnung gibt nur ein Momentbild der beiden Wellenzüge, an dem man zwar die Knoten und Bäuche der resultierenden Wellen ohne Mühe finden kann; will man aber zeigen, daß die Lage der Knoten und Bäuche bei der Durchdringung der Wellenzüge unverändert bleibt, so ist man genötigt, mehrere solcher Momentbilder für verschiedene gegenseitige Lagen

der Wellenzüge zu entwerfen. Diese zeitraubende und mühevoll Arbeit mißlingt aber manchmal auch einem gewandten Zeichner. Diese Schwierigkeiten



Fig. 2.

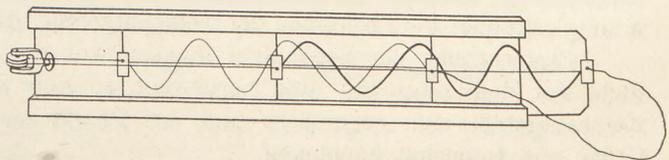


Fig. 1.

einerseits und die Bedeutung der Interferenz zweier Wellenzüge andererseits haben mich veranlaßt, für die Zwecke meines Unterrichts eine einfache Wellenmaschine zu bauen.

Der Apparat ist außerordentlich einfach (Fig. 1). Zwei 60 cm lange und 18 cm breite Glasstreifen, auf welche mit verschiedenen Farben zwei kongruente Wellenzüge gemalt sind, lassen sich in einem Holzrahmen gegeneinander und aneinander vorbei mit gleicher Geschwindigkeit führen. Die in jedem Moment gleiche Geschwindigkeit beider Wellenzüge wird durch ein Seil bewirkt, das an den Mitten der beiden zugekehrten schmalen Glasstreifenseiten befestigt und um eine Rolle *R* gelegt ist. Die beiden anderen schmalen Glasstreifenseiten sind ebenfalls durch eine lange Schnur *S* miteinander verbunden, mittels der man die Streifen nach der einen oder anderen Seite ziehen kann. Die Holzführung für die beiden Glasstreifen ist aus der Fig. 2 ersichtlich, die einen Querschnitt durch den Apparat darstellt. Um die Lage der Knotenpunkte und der Bäuche der resultierenden Wellen festzulegen, werden über den Rand des Holzbrettes zweimal rechtwinklig umgebogene Stahldrähte gehängt, deren herunterhängendes Ende zugleich gestattet, die Amplitude der beiden interferierenden Wellen und der resultierenden Welle in dem betreffenden Punkte abzuschätzen.

Ein Versuch wird in folgender Weise ausgeführt: Man bewegt den einen Glasstreifen so weit, daß seine Welle mit einem Teil der Welle des andern Streifens interferiert. Man sucht nun diejenigen Punkte auf der Fortpflanzungsrichtung der Wellen auf, für welche die Ordinate des einen Wellenzuges gleich, aber entgegengesetzt

¹⁾ *Ann. der Redaktion.* Eine ähnliche Vorrichtung ist von M. Raschig in dieser Zeitschr. X, 14 beschrieben worden, hat aber, einer Mitteilung der betreffenden Firma zufolge, nur geringe Beachtung gefunden.

gerichtet der Ordinate des andern Wellenzuges ist. Diese Punkte fixiert man durch übergehängte Metalldrähte. In die Mitten der Abstände je zweier Knotenpunkte hängt man anders gefärbte Metallbügel, welche die Lage der Bäuche angeben. Verschiebt man nun die beiden Glasstreifen gegeneinander, so sieht man, daß an allen Knotenstellen für jede beliebige Lage der Glasstreifen die Ordinate der einen Welle gleich, aber entgegengesetzt gerichtet der Ordinate der anderen Welle ist, und daß an den Bäuchen die Amplitude der resultierenden Wellen, die durch Superposition der Amplituden der interferierenden Wellen erhalten wird, Werte annimmt, welche zwischen 0 und der Summe der maximalen Amplituden beider Wellen liegen. Die Länge der stehenden Wellen ist gleich der halben Wellenlänge der interferierenden Wellen.

Die Wellenmaschine wird von der Firma Leppin & Masche, Berlin SO. Engel-
ufer 17 geliefert.

Aus dem Gebiete der Gesichtsempfindungen.

Von **V. L. Rosenberg** in St. Petersburg.

1. Ein dünner Karton (23×12 cm) wird in der Mitte mit einem Spalt von 70–80 mm Länge und 3–4 mm Breite versehen. Hält man den Karton nahe vor das eine Auge und blickt nach einer mit einer Milchglaskuppel versehenen Lampe, die etwa 30–40 cm weit entfernt ist, so treten — bei schnellen seitlichen Hin- und Herbewegungen des Spaltes — nach einiger Zeit mehr oder minder intensive rote blumenartige Flecken im Gesichtsfelde auf. Außerdem sieht der Beobachter auf der Milchglaskuppel die Projektion der Netzhautgefäße, die einen schmalen Streifen bilden.

Entfernt sich der Beobachter langsam von der Lampe, während er den Karton dicht vor dem Auge hin- und herbewegt, so sieht er die farbigen Flecken und die Netzhautgefäße sich vergrößern und, bei 70–75 cm Abstand, eine bemerkenswerte Größe und Intensität annehmen.

Hierbei ist zu bemerken, daß bei schneller Bewegung des Spaltes die farbigen Figuren, bei langsamerer die Netzhautgefäße scharf hervortreten.

Die Erklärung dieser Erscheinung ist nicht schwierig. Da wir nur mit einem Auge beobachten, versetzen wir die Ursache der Netzhauterregung nach außen, und zwar auf die fixierte Fläche, d. h. auf die Lampenkuppel. Der Netzhautreiz dauert länger als die Belichtung durch den Spalt, aber dieses „Nachklingen“ ist an den einzelnen Netzhautelementen von verschiedener Dauer. Diejenigen Netzhautelemente, deren Reiz langsamer abklingt, erhalten das Übergewicht und erscheinen in der ihnen eigentümlichen Färbung. Unter gewöhnlichen Umständen fallen beim Sehen die Schatten der Netzhautgefäße auf dieselbe Stelle der Netzhaut, so daß wir sie gar nicht mehr bemerken. Bei den Bewegungen des Spaltes verschieben sich die Schatten und werden nun von uns wahrgenommen und nach außen projiziert.

Die (scheinbare) Größe eines gesehenen Gegenstandes hängt einerseits von dem Gesichtswinkel, d. h. von der Größe des Netzhautbildes, andererseits von der Entfernung ab, in welche wir das Bild nach außen projizieren. Bei obigem Versuche wird der Gesichtswinkel durch die Breite des in konstanter Entfernung bewegten Spaltes, der Abstand des projizierten Bildes dagegen durch die Entfernung der Lampenkuppel vom Auge bestimmt.

2. Beobachtet man, vor einem Wandspiegel, 2,5–3,5 m weit entfernt, stehend, die Flamme einer in der Hand gehaltenen Kerze und ihr Bild im Spiegel, so erscheint letzteres kleiner als die Flamme selbst. Noch deutlicher tritt dieses zutage, wenn man das eine Auge schließt und durch eine enge Röhre aus zusammengerolltem Papier nach der Flamme blickt. In diesem Falle wirkt nur der Gesichtswinkel.

3. Der Sehakt wird durch die psychische Tätigkeit beeinflusst. Ohne näher auf dieses Thema einzugehen, will ich nur auf einen konkreten Fall hinweisen. Blicken

wir durch ein Opernglas auf die Szene eines Theaters, so scheinen die Menschen auf der Bühne weit von uns zu sein; tatsächlich befindet sich aber das scheinbare Bild der Bühne und der Spieler in der Entfernung des deutlichsten Sehens (Nahepunkt²), etwa 20–25 cm vom Auge und ist sehr klein. Aus psychischen Gründen versetzen wir das Bild in die Entfernung des Gegenstandes und schreiben den durch das Opernglas betrachteten Personen eine Größe zu, welche dem Abstände von der Bühne und dem jetzt größeren Gesichtswinkel entspricht.

Ein Hitzdraht- und ein Resonanz-Instrument für die Projektion.

Von C. Scotti in Leipzig.

Die nachfolgend beschriebenen Apparate betreffen die Demonstration des Hitzdraht- und Resonanz-Prinzips.

1. Das Hitzdraht-Instrument (Fig. 1). Zwei Platindrähte 1–2 und 3–4 von gleicher Länge und gleichem Querschnitt werden durch die Federn 5 und 6 gespannt gehalten. Die Zeiger 7 und 8 sind an den Platindrähten befestigt, während die Marken 9 und 10 auf einer vor 7 und 8 befestigten Glastafel angebracht sind. In einem Holzrahmen (ähnlich dem Glasbilderrahmen) wird die ganze Vorrichtung befestigt. Die Platindrähte sind hintereinandergeschaltet und werden daher von gleichem Strom durchflossen. Durch die bekannte Anordnung der Angriffspunkte 11 und 12 verschiebt sich der Zeiger 8

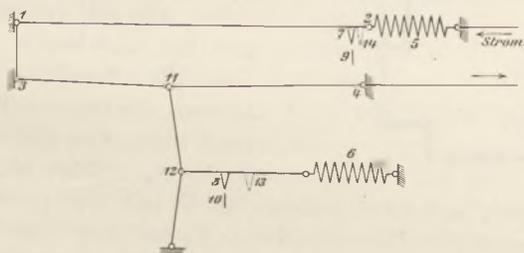


Fig. 1.

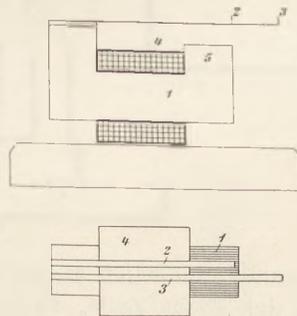


Fig. 2.

beträchtlich mehr nach der Seite (13) als Zeiger 7 (14). Das verschiedene Arbeiten der beiden Hitzdrahtanordnungen kann mit Hilfe des Projektionsapparates deutlich wahrgenommen werden.

2. Das Resonanz-Instrument (Fig. 2). Über dem lamellierten Elektromagneten 1 schweben, an dem linken Schenkel befestigt, zwei ca. 2 mm breite Stahlfedern 2 und 3 (Uhrfederstahl) von verschiedener Länge (ca. 50 und 70 mm). Je nach der Wechselzahl eines in der Spule fließenden Wechselstroms schwingt die eine oder andere Feder, wobei sie durch das Aufschlagen auf den Schenkel 5 einen der Schwingungszahl entsprechenden Ton erzeugt. Das abwechselnde Schwingen der Federn kann durch den Projektionsapparat gezeigt werden. Dieser Apparat läßt sich auch mit intermittierendem Gleichstrom betreiben.

Demonstrationsapparat zur Erläuterung des Ohmschen Gesetzes.

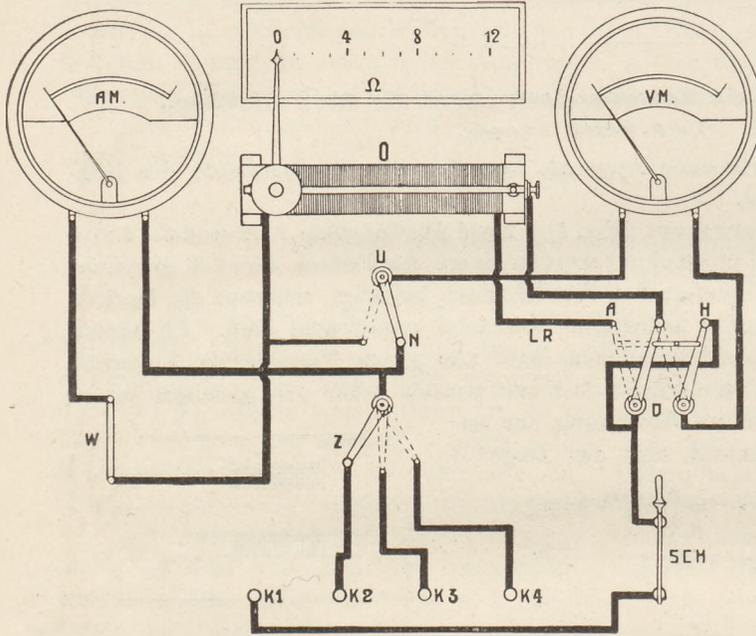
Von O. Behrendsen und E. Götting in Göttingen.

Bei der hohen Bedeutung des Ohmschen Gesetzes für den Unterricht in der Elektrizitätslehre wird es höchst willkommen erscheinen, daß die durch ihre Schalttafeln und Widerstände weltbekannte Göttinger Firma Gebr. Rubstrat jetzt unter unserer Mitwirkung ein Unterrichtsmittel hergestellt hat, das gestattet, die Abhängigkeit der bei dem genannten Gesetze in Frage kommenden drei Veränderlichen, der

Stromstärke, Spannung und des Widerstandes in klarster Weise schnell zu übersehen. Es wird dadurch dem Schüler ermöglicht, von seinem Platze aus jede der genannten drei Größen als Funktion der beiden andern durch mühelos sich vollziehende Experimente zu erfassen.

Auf einer Marmortafel in der Größe 75×60 cm befindet sich links oben ein Amperemeter (*Am*), rechts ein Voltmeter (*Vm*); das erstere mit dem Meßbereich

von 0—2 Amp., das letztere von 0—8 Volt. Beide Instrumente haben ein offen liegendes Drehspulensystem; die Zahlenskala und der Zeiger sind deutlich von weither erkennbar. Zwischen beiden ist ein Schiebewiderstand (*O*) von 12 Ohm angebracht und über ihm eine äußerst deutliche Skala, auf welcher ein kräftiger, am Schieber des Widerstandes sitzender Zeiger die vorgeschaltete Ohmzahl angibt. Alle Leitungen liegen frei und lassen deutlich die Schaltung erkennen. Am unteren Tafelrand sitzen vier Klemmen K_1 bis K_4 , welche an drei



Akkumulatorenzellen anzuschließen sind, und zwar derart, daß K_1 mit dem positiven Pole der ersten Zelle, K_2 mit dem negativen Pole derselben, K_3 mit dem negativen der zweiten Zelle, K_4 endlich mit dem negativen Pole der dritten Zelle zu verbinden ist. K_2 bis K_4 sind mit drei darüber liegenden Kontaktknöpfen verbunden. Der einen derselben berührende Zellschalter *Z* schließt den betreffenden Akkumulatorenpol an das Voltmeter an. Die Klemme K_1 ist dagegen über den Haupthebelschalter (*Sch*) hinweg mit dem linken Arm eines Doppelschalters *D* in Verbindung. Die zu diesem führende Leitung verzweigt sich kurz vorher und geht zum rechten Kontaktknopf *H* und durch den rechten Arm des (auf ihn gestellten) Doppelschalters zum Voltmeter. Dasselbe liegt also bei der erwähnten Schaltung im Nebenschluß den Akkumulatoren an und zeigt die gerade in Betracht kommende Spannung an. Der Hauptstrom geht dabei durch den linken Arm des Doppelschalters *D* in den Schieber des Ohmwiderstandes *O*, durch die eingeschalteten Windungen desselben sowie durch das Amperemeter in die Batterie zurück. Bei dieser Stellung von *D* wird bei Verschiebung am Ohmwiderstande die Abhängigkeit der Stromstärke vom vorgeschalteten Widerstande bei konstanter Spannung gezeigt, aber auch, wenn der Zellschalter *Z* weiter gerückt, der Ohmwiderstand unverändert gelassen wird, die Abhängigkeit der Stromstärke von der Spannung bei konstantem Widerstande.

Wird der Doppelschalter *D* nach links auf *A* (Abzweigung) gestellt, so liegt das Voltmeter nicht mehr der Batterie direkt im Nebenschluß an, sondern wird an den Schieber des Widerstandes *O* geschaltet, während dem Amperemeter die vollen 12 Ohm des Widerstandes vorgeschaltet sind, so daß dasselbe einen konstanten Strom (je nach Spannung von $\frac{1}{6}$, $\frac{1}{3}$ oder $\frac{1}{2}$ Amp.) anzeigt. Bei Veränderung des Schiebers wird nun die Spannung modifiziert, und man erhält somit bei dieser Stellung

von *D* die Abhängigkeit der Spannung von der Länge der Widerstandsstrecke bei konstantem Strom.

Bei *W* (links unter dem Amperemeter) befindet sich eine Kurzschlußklinke; wird diese herausgenommen, so kann an ihre Stelle 1. eine Widerstandsspule wie die bei *O* mit Schieber, 2. eine parallel geschaltete Doppelspule von je 12 Ohm, 3. eine gleich lange Spule mit gleicher Drahtstärke wie *O*, aber von anderem Material eingesetzt werden. Bei Verwendung der Spule 1 kann die Abhängigkeit der Stromstärke von der Länge des Widerstandes nochmals erwiesen und bei Mitbenutzung von *O* auf 24 Ohm erweitert werden. Die Doppelspule wirkt (*O* wird auf Null gestellt) wie ein Widerstandsdraht mit doppeltem Querschnitt. Bei Spule 3 wird die Abhängigkeit des Widerstandes vom Material gezeigt. Es können bei *W* auch beliebige Drähte von gemessener Länge und Dicke eingeschaltet werden und der Apparat dann direkt zur Widerstandsmessung benutzt werden.

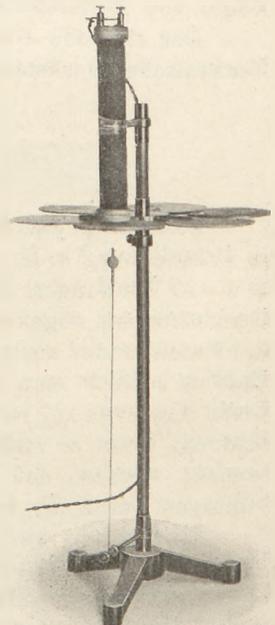
Der Preis ist außerordentlich mäßig und beträgt mit Einschluß der drei Widerstandsspulen nur 150 M. Drei Akkumulatorenzellen im Kasten werden noch mit 13,50 M berechnet.

Ein Apparat zur Demonstration der magnetischen Schirmwirkung.

Von Prof. Dr. K. Noack in Gießen.

Man kann natürlich an jedem Kompaßgehäuse von Messing, Holz und Glas zeigen, daß diese Stoffe die magnetischen Kraftlinien völlig ungehindert hindurchgehen lassen, da die Nadel dem genäherten Pole genau wie im freien Raume folgt oder ausweicht, während sie durch eine Platte von weichem Eisen stark geschwächt oder ganz abgeschirmt werden. Auch das Kraftlinienbild, das man erhält, wenn ein Ring von Schmiedeeisen zwischen die Pole eines kräftigen Hufeisenmagnetes gelegt wird, zeigt die Erscheinung der Schirmwirkung und auch ihre Ursache, das Leitvermögen des Eisens für die magnetischen Kraftlinien, unverkennbar. Immerhin kann man wünschen, die Erscheinung unmittelbarer und wirkungsvoller einem größeren Schülerkreise vorzuführen, und dazu dürfte der folgende Apparat, den ich schon vor längeren Jahren zusammengestellt habe, besonders geeignet sein.

Auf einem Dreifuß von Eisen erhebt sich eine Messingröhre als Säule, auf der zwei Hülsen und ein Ring verschoben und mit Druckschrauben befestigt werden können. Die beiden Hülsen tragen je einen wagerechten Messingarm von 10 cm Länge. Auf das Ende des unteren ist ein kleines Röllchen aufgesetzt, das sich mit leichter Reibung um den Arm als Achse drehen läßt; an dem oberen ist ein senkrechter Elektromagnet angeschraubt. Die Zuleitungen zu seinen Polklemmen treten oben in die hohle Säule ein und unten durch eine seitliche Bohrung oder durch den Fuß wieder aus. Zwischen diesen beiden Hülsen ist der erwähnte Ring an der Säule festgeschraubt; oberhalb dieses Ringes befindet sich eine dritte Hülse, auf die eine kräftige Messingscheibe aufgelötet ist. In den Rand dieser Messingscheibe sind sechs kurze Messingarme radial eingeschraubt, die an den Enden geschlitzt sind und in diese Schlitzte eingekittete Kreisscheiben von Holz, Glas, Pappe, Messing, Nickel und Eisen mit einem Durchmesser von 10 cm tragen. Die Maße sind so gewählt, daß beim Drehen des Sternes um die Säule als Achse die Mittelpunkte der verschiedenen



1/3 n. Gr.

Scheiben unter die Achse des Elektromagnetes zu liegen kommen. Der Abstand des Sternes vom unteren Pole ist so zu bemessen, daß bei Erregung des Magnetes mit 4 bis 6 Volt die Scheiben sich möglichst nahe an dem Pol vorbeibewegen, ohne daß die Eisenscheibe durch die kräftige Anziehung, die sie erfährt, in ihrer Bewegung durch Anstoßen gehindert wird. An dem Röllchen am unteren Arm ist das eine Ende eines dünnen Seidefadens befestigt, an dessen anderem Ende ein kurzer etwa 4 cm langer Eisenstift von 2 bis 3 mm Dicke angebunden ist; damit derselbe auch auf größere Entfernungen gut sichtbar ist, wird er durch eine Korkkugel hindurchgesteckt. Dieses Eisenstäbchen wird, wie die Figur zeigt, auch in beträchtlicher Entfernung durch den erregten Elektromagnet in der Schwebelage erhalten. Daran ändert sich auch nichts, wenn man nacheinander durch Drehen des Sternes die Scheiben von Holz, Glas, Messing und Pappe zwischen Magnet und schwebenden Anker bringt. Sobald aber die Nickel- oder Eisenscheibe eingeschoben wird, fällt das Stäbchen herunter. Wenn man mit dem am unteren Arm befindlichen Röllchen den Abstand des Eisenstabes vom Elektromagnet so reguliert, daß derselbe beim Vorschieben der Nickelscheibe zunächst nur ins Schwanken kommt und erst im letzten Augenblick, wenn die Mitte der Scheibe sich vor dem Magnetpole befindet, zögernd abfällt, so kann man den graduellen Unterschied im Verhalten von Nickel und Eisen sehr schön zeigen; denn beim Einschoben der Eisenscheibe fällt alsdann das Stäbchen sofort herab, sobald eben der Rand der Scheibe vor den Magnetpol tritt.

Man kann übrigens den Versuch ebensogut, wenn auch vielleicht weniger bequem, mit einem kräftigen Stahlmagnet ausführen; so hatte ich es beim ersten Exemplar des Apparates tatsächlich gemacht; als schwebenden Anker nimmt man dann am besten eine kurze, dicke, kräftig magnetisierte Stopfnadel, die durch eine kleine Kugel von Hollundermark gesteckt ist.

Der einfache aber wirkungsvolle Demonstrationsapparat kann von W. Schmidt, Mechanische Werkstätte, Gießen, bezogen werden.

Für die Praxis.

Herstellung von Schnüren für Schnurscheiben. Von Prof. Dr. Friedr. C. G. Müller in Brandenburg a. H. Man legt starken Zwirn, Angelschnur oder feinen Bindfaden in 5—10 Windungen um zwei im Abstände der gewünschten Schnurlänge befestigte Drahtstifte mit abgekniffenem Kopfe und verknötet Anfang und Ende. Darauf wird das Fadenbündel am einen Ende von dem Stift gezogen und locker zusammengedrillt. Endlich schließt man seine beiden Enden mittels eines Doppelhäkchens aus hartem Draht von etwa 0,7 mm Stärke aneinander. Statt durch einen Haken kann die Verbindung, wenn es nicht nötig ist, die Schnur gelegentlich aufzuhaken, besser dadurch bewirkt werden, daß man ein Stück der gleichen Fadenart in gleichviel kurzen Schlingen durch die beiden, auf 2 benachbarte Stifte gehängten, Ösen zieht.

Eine solche aus einem Bündel dünner Fäden bestehende Schnur ist ungleich biegsamer und doch fester als eine gleich dicke Einzelschnur. Die Hauptsache aber ist die leichte Herstellbarkeit eines glatten Zusammenschlusses, was, wie jeder Physiklehrer aus Erfahrung weiß, bei dicken Einzelschnüren viel Umstände macht. Ich verwende solche Bündelschnüre auch bei der Zentrifugalmaschine, zu der mitunter Ledersehnüre geliefert werden, welche wegen ihrer Steifigkeit viel Kraft vernichten. Ganz unentbehrlich sind weiche Schnüre der beschriebenen Art, wenn es gilt, von ganz kleinen Schnurrollen schnell laufender kleiner Elektromotoren oder Turbinen den Antrieb auf größere Rollen zu übertragen. Ja man kann eine solche 10-strännige Zwirnschnur direkt um eine nur wenige Millimeter starke Motorwelle legen und in einer Stufe eine 100-fache Übersetzung erzielen.

Berichte.

1. Apparate und Versuche.

Ein **Volumdruckmesser** zur Bestimmung des thermischen Ausdehnungskoeffizienten der Luft. Von E. BRENNKEN. *Monatshefte f. d. naturw. Unterricht III, Heft 11, 1910*. Der Apparat besteht aus zwei Hauptteilen; der eine ist der Volummesser (vgl. Fig. 1), eine rechtwinklig gebogene, einerseits durch eine Gummikappe luftdicht verschließbare Glasröhre von 4 mm äußerem Durchmesser und möglichst gleichmäßigem inneren Querschnitt; die Länge des vertikalen Stückes beträgt 250 mm, die des horizontalen 100 mm. Der Druckmesser ist ein oben verjüngter, dünnwandiger, aber sprungfester Glaszylinder von 260 mm Länge und 20 mm Durchmesser, der durch einen Gummischlauch mit einem U-förmigen Manometerrohr von 7 mm äußerem Durchmesser in Verbindung steht.

Beide Hauptteile können zusammen oder getrennt in ein Wärmegefäß, einen beiderseits durch Kork abschließbaren sprungfesten Glaszylinder von 300 mm Länge und 100 mm innerer Weite, eingesetzt werden (Fig. 1), dessen oberer Verschluss außer dem Spundloch und der Bohrung für die Verbindung mit dem Manometer noch eine 10 bis 12 mm weite Öffnung zur Aufnahme des Thermometers aufweist, die zugleich als Füllöffnung dienen kann, während die untere Öffnung durch einen Kork mit einer konischen Bohrung für den Volummesser verschlossen ist. Das ganze ist auf einem stabilen Gestell montiert, das eine Skala für den horizontalen Teil des Volummessers und drei Messingstäbe zum Aufschrauben des Wärmegefäßes trägt. Will man nur den Druckmesser benutzen, so kann man den Volummesser entfernen und die untere Öffnung des Wärmegefäßes durch einen undurchbohrten Ersatzkork verschließen. Eine erhöhte Genauigkeit wird erzielt, wenn man dem Druckmesser eine spiralförmige Form (Fig. 2) gibt und ihn mit einer verengten Manometerverbindungsröhre versieht.

Zum Gebrauch des Volummessers bringt man in die Röhre einen Quecksilberfaden von 2–4 mm Länge und läßt ihn durch Neigen bis in die Nullstellung dicht an der Biegung gleiten; dann verschließt man den vertikalen Schenkel, schraubt den Wärme-

zylinder wasserdicht auf, setzt oben einen Ersatzkork ohne die für den Druckmesser bestimmte Bohrung ein, füllt mit Wasser von mittlerer Temperatur (25–60°) und liest nach einer Weile gleichzeitig die Temperatur t des

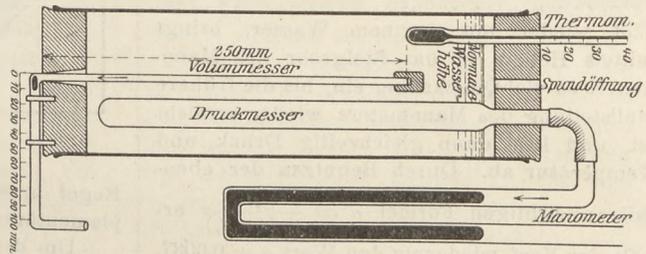


Fig. 1.

Wassers und den Ausschlag a an der Skala in mm ab. Ist dann t_1 die Zimmertemperatur, $v_1 = 250$ mm die Länge der Luftsäule bei der Temperatur t , so berechnet der Verf. den

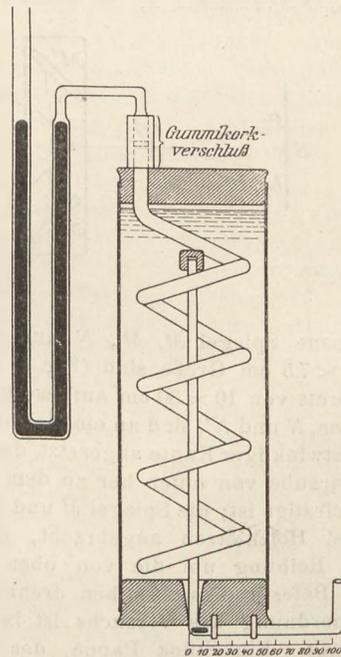


Fig. 2.

Ausdehnungskoeffizienten α nach der Formel $\alpha = \frac{a}{250(t-t_1)}$ und findet 0,0037. [Dieses Resultat läßt auf keine große Genauigkeit des Verfahrens schließen, denn die angewandte Formel setzt die unrichtige Gleichung

$v = v_1(1 + \alpha[t - t_1])$ voraus. Wendet man die richtigen Gleichungen $v = v_0(1 + \alpha t)$ und $v_1 = v_0(1 + \alpha t_1)$ an, wo v_0 das Volumen bei 0° bedeutet, so muß sich ein um $5-7\%$ größeres Resultat ergeben.]

Um eine Messung mit dem Druckmesser zu machen, benutzt man zum unteren Verschuß den nicht durchbohrten Ersatzkork, setzt den mit Thermometer und Manometerverbindung versehenen oberen Kork auf, füllt wieder mit warmem Wasser, bringt mittels Hebers in das Steigrohr des Manometers so viel Quecksilber ein, bis die frühere Nullstellung des Manometers wieder erreicht ist, und liest dann gleichzeitig Druck und Temperatur ab. Durch Benutzen der ebenfalls unrichtigen Formel $\alpha = \frac{p}{p_1(t - t_1)}$ erhält der Verf. wiederum den Wert $\alpha = 0,0037$.

Der Apparat wird von G. Lorenz, Werkstatt für Feinmechanik in Chemnitz, geliefert. P.

**Einfache Vorrichtungen für additive
Farbenmischung.** Von F. R. GORTON. *School
Science and Mathematics X, Nr. 6 und 7, 1910.*

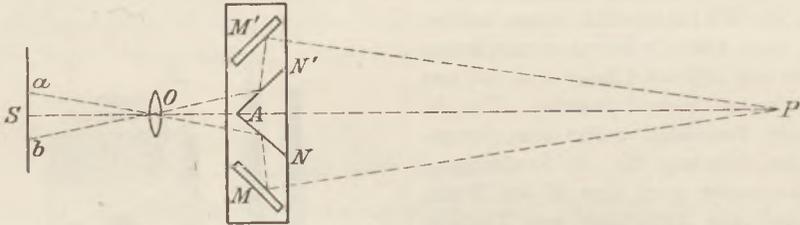


Fig. 2.

Vier ebene Spiegel M , M' , N und N' von etwa $6 \times 7,5$ cm Größe sind (Fig. 1) auf ein Grundbrett von 10×30 cm aufgesetzt. Zwei von ihnen, N und N' , sind an ein Holzprisma A mit rechtwinkliger Kante angesetzt, das durch eine Schraube von unten her an dem Grundbrett befestigt ist; die Spiegel M und M' sind an zwei Holzklötzen angebracht, die mit starker Reibung um die von oben eingeführten Befestigungsschrauben drehbar sind. Die Anordnung des Versuchs ist in Fig. 2 dargestellt. Ein Stück Pappe, das in die Öffnung s der Projektionslampe paßt, wird mit zwei kreisförmigen Öffnungen a und b von etwas über 1 cm Durchmesser und etwa 3 cm Mittelpunktsabstand versehen; die Öffnungen werden mit dünnen farbigen Platten, etwa einer gelben und einer blauen, bedeckt. Die durch die Objektivlinse O gegangenen

Strahlen fallen auf die Spiegel und werden, wie die Figur zeigt, nach P auf einen weißen Schirm reflektiert. Durch passende Einstellung von M und M' können die erzeugten Farbkreise ganz oder teilweise zur Deckung gebracht werden. Eine der käuflichen Kollektionen farbiger Gelatineplatten liefert in der

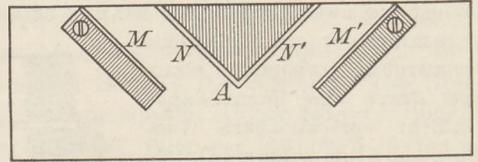


Fig. 1.

Regel mehrere Zusammenstellungen komplementärer Farben.

Um drei Farben zu mischen, bringt man an der Spiegelvorrichtung noch folgende Änderung an: Der prismatische Block, der die Spiegel N und N' trägt, wird an der Oberseite unter 45° schräg abgeschnitten und mit einem dritten Spiegel N'' versehen; diesem wird ein Spiegel M'' in der aus Fig. 3 ersichtlichen Lage gegenübergestellt. Die Öffnung

der Projektionslampe wird mit drei kreisförmigen Öffnungen versehen, die an den Ecken eines gleichseitigen Dreiecks von

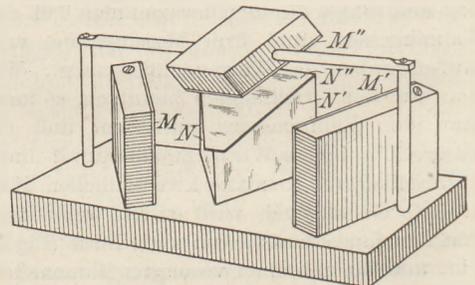


Fig. 3.

3 cm Seite liegen und mit verschiedenfarbigen Platten bedeckt werden. Durch Justieren der drehbaren Spiegel M , M' , M'' können die Farbkreise zur Deckung gebracht werden.

2. Forschungen und Ergebnisse.

Aus der Akustik. Versuche über Schalldurchlässigkeit, Schallreflexion und Schallabsorption stellte F. WEISBACH an¹⁾. Als Schallquelle diente eine Stimmgabel mit Resonanzkasten in Verbindung mit einem Stimmgabelunterbrecher, zum Messen der Schallstärke ein mit einem Resonator verbundenes Telephon, dessen durch die Membranschwingungen induzierte Wechselströme mit dem Einthoven-Edelmannschen Saitengalvanometer gemessen wurden. Besondere Versuche ergaben, daß die Ausschläge des Galvanometers den Stimmgabelamplituden stets proportional waren. Zur Bestimmung der Durchlässigkeit wurden Schallquelle und Empfänger in zwei durch eine Steinwand getrennten Räumen aufgestellt; ein Fenster in dieser Wand wurde mit Scheiben der zu untersuchenden Materialien bedeckt. Die Durchlässigkeit D ist dann das Verhältnis der Schallintensitäten bei geschlossenem und bei offenem Fenster $I/I_0 = A^2/A_0^2$, wo A und A_0 die gemessenen Amplituden sind. Untersucht wurden Papier, Pappe, Fries, Wachstuch, Leinen, Battist, Wolle, Glas, Kork, Holz, Metallblech, Gummi, Drahtgaze usw. in verschiedenen Dicken. Stand die Scheibe in Resonanz mit dem Ton, so war die Durchlässigkeit natürlich besser. Am undurchlässigsten (bei gleichen Gewichten pro Flächeneinheit) sind die Stoffe, die weder porös sind noch sich gut als Membranen oder Platten in die betreffenden Schwingungen versetzen lassen. Poröse Stoffe eignen sich nur in starken Lagen und in gepreßtem Zustande zur Schallisolation. Fries von 16 mm Dicke läßt ebensoviel Schall durch wie Wachstuch von 0,3 mm Dicke. Eisendrahtgaze mit Seifenwasser in den Maschen hält mehr Schall zurück, als die Wasserschicht allein vermocht hätte, während die Gaze allein ganz durchlässig war.

Zur Messung der Reflexion benutzte der Verf. ein Resonanzrohr von 2 m Länge und 25 cm Weite, vor dessen äußerem Ende die reflektierende Scheibe aufgepreßt wurde, während am inneren Ende ein 40 cm langes Zinkblechrohr auf Einstellung von Resonanz verschoben werden konnte. Vor diesem befand sich die Öffnung des Stimmgabelkastens. Das Aufnahmetelephon war innerhalb der Röhre an einem Schieber befestigt, der in einer Rinne der Röhre verschiebbar war.

Dadurch konnte das Telephon an verschiedene Stellen der Röhre gebracht werden; an einem Schwingungsbauch gibt es einen maximalen Ausschlag. Es wurden wieder verschiedene Platten, Membranen, Tücher von den gleichen Stoffen wie vorher als Rohrabschluß benutzt. Eine Marmorplatte gab nahezu vollständige Reflexion. Im allgemeinen bewegte sich mit steigender Reflexionsfähigkeit der Abschlußscheiben das System stehender Wellen von der Lage, die es bei offenem Rohr einnimmt, nach der bei fest geschlossenem Rohr eingenommenen Lage. Der Vorgang wird dadurch etwas kompliziert, daß sich mehrere Wellen übereinander lagern: 1. die bei porösen Stoffen an der äußern Luft, 2. die an der Scheibensubstanz reflektierte Welle, 3. die sekundäre Welle der schwingenden Scheibe. Je mehr die Scheibe als Ganzes mitzuschwingen vermag, um so weniger stark reflektiert sie.

Zu Absorptionsmessungen wurde das Resonanzrohr mit einer Marmorplatte abgeschlossen und vor diese eine Schicht Watte, Fries, Filz und dergl. gebracht. Aus der dann eintretenden Abnahme der Reflexion kann man Schlüsse auf die durch Absorption veranlaßte Dämpfungsfähigkeit ziehen. Am besten dämpft Watte, weniger Wollfries, dann folgen grober und weicher Filz.

Die erzwungenen Schwingungen, in welche eine am Rande eingeklemmte feste Platte durch Schallwellen verschiedener Zusammensetzung versetzt wird, suchte D. A. GOLDHAMMER theoretisch zu bestimmen²⁾. Das Ergebnis seiner Untersuchung ist, daß eine physikalische Wiedergabe eines zusammengesetzten Klanges durch die Platte unmöglich ist. Daher müssen auch die durch Phonographen und Grammophone wiedergegebenen Klänge im allgemeinen physikalisch durchaus verzerrt sein, und zwar desto stärker, je höher der Grundton des Klanges liegt, und je mehr die höheren Obertöne für die physikalische Klangfarbe maßgebend sind. Für das Gehör allerdings können zwei Töne mit durchaus verschiedener physikalischer Klangfarbe unter noch unbekanntem Bedingungen doch als Klänge von gleicher physiologischer Klangfarbe wahrgenommen werden. Damit ist die scheinbare Vollkommenheit der Klangwiedergabe bei vielen derartigen Instrumenten zu erklären.

¹⁾ Annalen der Physik **33**, 763 (1910).

²⁾ Annalen der Physik **33**, 192 (1910).

Eine Bestimmung der Schallgeschwindigkeit im Kaliumdampf führte W. WENZ aus³⁾. Die Untersuchung wurde in Marburg auf Veranlassung von F. Richarz angestellt, um aus der Schallgeschwindigkeit das Verhältnis der beiden spezifischen Wärmen zu ermitteln und daraus Schlüsse auf die Einatomigkeit des Kaliumdampf-moleküls zu ziehen. Die Methode von Kundt und Warburg war nicht durchführbar, da die Dämpfe der Alkalimetalle die Glasröhren angreifen und undurchsichtig machen, das Glas bei den hohen Temperaturen auch weich wird. Der Verf. benutzte daher die Quinckesche Methode. Eine Röhre ist auf einer Seite mit einer Glimmermembran, auf der andern Seite durch einen verschiebbaren Stempel verschlossen. Wird eine Stimpfpfeife auf den Eigenton der Membran eingestellt, so tönt die Membran nur dann mit, wenn der Stempel im Innern der Röhre einen Raum abgrenzt, der in Resonanz mit dem Ton der Pfeife steht; die Entfernung zweier Resonanzstellungen gibt die halbe Wellenlänge des Tones in dem Medium innerhalb der Röhre. Für die eigentlichen Versuche diente ein Stahlrohr von etwa 70 cm Länge und 2,6 cm innerer Weite; es war umhüllt von einer Porzellanröhre, um die eine Heizspirale von Nickeldraht gewickelt war; das Ganze war zum Schutz gegen Wärmeverlust in Asbestgewebe eingehüllt. Die Röhre besaß zwei seitliche Durchbohrungen. Die eine führte zu einem mit Stickstoff gefüllten Gasometer, die andere zu einem kleinen Gefäß für das Kalium. Zuerst wurde die Röhre mit Stickstoff gefüllt, der die vorher darin befindliche Luft durch das zunächst offene kleine Gefäß heraustrrieb. Dann wurde hier das metallische Kalium hineingetan, das bei der durch die Heizspirale erzeugten hohen Temperatur (etwa 850°) rasch verdampfte. Die Glimmermembran wurde durch Überzug mit einer dünnen Silberschicht vor der Einwirkung der Kalidämpfe geschützt. Die Wellenlänge λ wurde bei gleicher Stimpfpfeifenstellung zuerst in Luft, dann in Kaliumdampf gemessen. Aus mehreren Versuchen erhielt der Verf. $\lambda/2$ in Luft = 20,1 cm, in Kaliumdampf = 19,5 cm, woraus sich die Schallgeschwindigkeit im Kaliumdampf bei 850° C zu 652 m/sec. ergab. Aus diesen Werten und dem Verhältnis der Dampfdichten von Kalium und Luft (hier = 28,95 angenommen) ergab sich für das

Verhältnis der spezifischen Wärmen im Kaliumdampf $z = 1,77$. Weitere Versuche, die M. Robitzsch bei derselben Versuchsanordnung mit Kalium- und Natriumdampf anstellte, ergaben $z = 1,67$. Das ist aber der Wert, der theoretisch aus der Annahme der Einatomigkeit dieser Metalle folgt.

Nach einem von Melde angegebenen Versuch läßt sich ein Faden durch die Schwingungen einer an ihm befestigten Stimmgabel in eine stehende Wellenbewegung versetzen. Einige merkwürdige Erscheinungen beobachtete J. S. STOKES⁴⁾ bei dem Meldeschen Versuch. Der an der einen Zinke der in horizontaler Ebene schwingenden Stimmgabel befestigte Faden wurde am anderen Ende über ein Messingrädchen geführt und durch ein herabhängendes Gewicht gespannt. Sobald auf dem Faden stehende Wellen entstanden, drehte sich das Rädchen gegen die Zinke hin. Schwingt die Zinke gegen das Rädchen, so fällt infolge der Spannungsabnahme im Faden das Gewicht frei herab, und der Faden gleitet reibungslos über das Rädchen; beim Zurückschwingen der Zinke bewirkt die zunehmende Fadenspannung eine zur Drehung des Rädchens genügende Reibung. Wird der Faden an dem Rädchen etwas mit Wachs bestrichen, so dreht es sich in entgegengesetzter Richtung, indem jetzt die Reibung beim Sinken des Gewichts größer ist als beim Aufsteigen. Wird die Stimmgabel dem Rädchen so weit genähert, daß sich keine stehenden Wellen auf dem Faden mehr bilden, der herabhängende Teil aber als Ganzes schwingt, so dreht sich das Rädchen sehr schnell.

Einige neuere Einwände gegen die Helmholtzsche Theorie des Hörens behandelte A. L. BERNOULLI in seiner in Bonn gehaltenen Habilitationsrede.⁵⁾ Nach Helmholtz enthält das Gehörorgan in den Fasern der Basilarmembran eine große Anzahl abgestimmter Resonatoren. Durch diese werden die unmittelbar darauf liegenden Teile, die Cortischen Bögen und Zellen und mit ihnen die Enden des Hörnerven erregt. Das Gehörorgan wirkt also als automatischer Klanganalysator. Einige neuere Beobachtungen bestätigten die Helmholtzsche Theorie. So konnte F. Bezold an Taubstummen mit einem Stimmgabelinstrumentarium das Vorkommen von Toninseln und Tonlücken nachweisen. Baginsky gelang es, beim Hunde

⁴⁾ Phys. Rev. **30**, 659; Beibl. **34**, 1004 (1910).

⁵⁾ Phys. Zeitschr. **11**, 649 (1910).

³⁾ Annalen der Physik **33**, 951 (1910).

durch Zerstörung der längsten Saiten der Basilarmembran Taubheit für tiefe, durch Zerstörung der kürzesten Saiten Taubheit für hohe Töne hervorzurufen. Wittmaack erzielte bei Kaninchen durch langdauernde, schrille Töne eine lokale Zerstörung im Cortischen Organ der Basilarmembran. Siebenmann und Yoshii leiteten eine Anzahl von Tönen verschiedener Höhe den Versuchstieren zu und stellten eine gleiche Anzahl zerstörter Stellen fest. Dagegen sind gegen die Helmholtzsche Theorie auch mehrere Einwände erhoben worden. Ein solcher liegt in der Beobachtung, daß die Fische keine Basilarmembran besitzen und dabei doch gut zu hören scheinen. Das letztere hat sich aber nach neueren, sorgfältigen Beobachtungen als falsch herausgestellt. Auf Grund ausgedehnter Versuche fanden Kreidl und Körner, daß die Fische nicht hören. Zenneck glaubte allerdings, eine Reaktion der Fische auf eine elektrische Klingel wahrzunehmen. BERNOULLI, der diesen Versuch wiederholte, fand dagegen, daß, wenn die Klingel fest aufgestellt war, eine Wirkung auf die Fische nicht eintrat. Er ist der Ansicht, daß die Fische nur auf optische oder taktile Reize reagieren, daß ihnen aber keine Gehörsfunktion zukommt.

Einen andern Einwand gegen die Helmholtzsche Theorie hat M. Wien erhoben. Das menschliche Ohr hat die Fähigkeit, kleine Tonhöhenunterschiede als solche zu erkennen, andererseits aber auch verschiedene kurzdauernde Töne in zeitlich sehr rascher Aufeinanderfolge noch einzeln zu hören. Die erste Eigenschaft würde ganz ungedämpfte oder nur schwach gedämpfte, die zweite dagegen sehr stark gedämpfte Resonatoren erfordern. BERNOULLI findet einen Ausweg aus dieser Schwierigkeit in der Annahme zweier miteinander gekoppelter Systeme von Resonatoren, von denen das eine ungedämpft, das andere stark gedämpft ist. Zwei an einem gespannten Bindfaden befestigte Pendel von gleicher Schwingungsdauer zeigen die bekannte Resonanzwirkung aufeinander. Diese hört auf, wenn das eine der Pendel durch Schwingen im Wasser stark gedämpft wird; da keine Energie zu dem andern Pendel zurückkehrt, so hört dieses auch bald zu schwingen auf. Nach dieser Analogie glaubt BERNOULLI in den Fasern der Basilarmembran das System der ungedämpften, in den Cortischen Tragbögen das System der gedämpften Resonatoren zu finden. Durch die einfallenden Schallschwingungen wird eine Saite der

Basilarmembran, durch diese der mit ihr gekoppelte Cortische Bogen in Schwingungen versetzt; infolge der starken Dämpfung des letzteren kommt auch die Saite rasch zur Ruhe. Da die Amplitude des Tragbogens derart gerichtet ist, daß durch sie die Hörzellen mechanisch gereizt werden können, so wird die Tonwahrnehmung durch die Bewegung des stark gedämpften Resonators, nicht durch die der Saite veranlaßt. Hiernach können die angeführten Einwände nur zur Bestätigung der Helmholtzschen Theorie dienen.

Schk.

Aus der Optik. Die im elektrischen Felde auftretende Doppelbrechung einer Substanz (Kerrsches Phänomen) wurde von O. D. TAUERN bei Glas und Schwefelkohlenstoff mit modernen Hilfsmitteln von neuem untersucht¹⁾. Als Lichtquelle dienten entweder die grüne oder gelbe Quecksilberlinie einer Heraeus-Lampe oder, (bei Versuchen mit verschiedenen Wellenlängen) die einzelnen Teile des Spektrums einer Bogenlampe. Um die eintretende Doppelbrechung zu messen, diente ein verbesserter Quarzkeilkompensator nach Koenigsberger. Die zu untersuchende Substanz kam zwischen zwei Kondensatorplatten, die durch eine Wimshurstmaschine geladen wurden. Um ihre Potentialdifferenz P zu bestimmen, benutzte der Verf. die Kerrsche Doppelbrechung selbst, da $P^2 = da^2/B$ ist, wo d die Größe der Doppelbrechung in Wellenlängen, a und l Dicke und Länge der benutzten Substanz, B eine Konstante bedeutet. Als Vergleichsflüssigkeit für die Bestimmung von P diente Schwefelkohlenstoff, für den Quincke die Konstante B bestimmt hat. Untersucht wurden verschiedene Gläser von Schott, besonders schwere Flintgläser. Es zeigte sich, daß die elektrische Doppelbrechung sehr von der Zusammensetzung der Gläser abhängt, in dem die Kerrkonstante B mit steigendem PbO -Gehalt und abnehmendem SiO_2 -Gehalt zunahm. Die elektrische Doppelbrechung ist außerdem sehr von der Wellenlänge des benutzten Lichts abhängig; mit steigender Wellenlänge nimmt B erst schnell, dann langsamer ab. Im C.G.S.-System definiert sich die Kerrkonstante als Differenz der Brechungskoeffizienten für parallel und senkrecht zu der Richtung des Feldes polarisierte Strahlen beim Potentialgefälle Eins. Außer der Kerrschen Doppelbrechung tritt bei den Gläsern auch

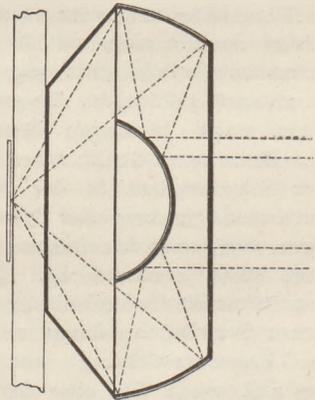
¹⁾ Annalen der Physik **32**, 1064 (1910).

noch eine durch elektrostatische Anziehung der Kondensatorplatten veranlaßte mechanische Doppelbrechung ein. Diese wirkt in entgegengesetzter Richtung wie die erstere und kompensiert sie teilweise. Der Verf. berechnete ihre Größe und führte sie als Korrektur in seine Bestimmung von B ein. Eine neue Bestimmung der Kerrkonstante für Schwefelkohlenstoff ergab eine gute Übereinstimmung mit den von Quincke gefundenen Werten.

Bei weiteren Versuchen, die H. SIEDENTOPF mit dem Kardioid-Ultramikroskop (d. Zeitschr. *XXIII*, 183) anstellte, gelang es ihm, die Umwandlung des weißen in roten Phosphor direkt zu beobachten²⁾. Die große Lichtstärke im Fokus des Kardioidkondensors ruft in dem vorher infolge des optisch leeren weißen Phosphors dunklen Sehfeldes weiße, submikroskopische Pünktchen hervor, die sich in rote umwandeln. Die farbige Umwandlung des Phosphors erfolgt also erst nach Bildung einer kolloiden Phase.

In einer kritischen Besprechung des Kardioidkondensors weist F. JENTZSCH auf die Schwierigkeit hin, Kardioidflächen zu schleifen, die um so größer sei, als — wie er mathematisch begründet — bei gleicher optischer Wirkung Spiegelflächen sechsmal so genau ausgeführt werden müssen als brechende Flächen³⁾. Daher ersetze ja Siedentopf auch die Kardioidfläche durch eine gewöhnliche Kugelfläche; dann stelle der Kondensor aber nichts weiter dar als das zuerst 1908 von W. v. Ignatowsky angegebene bisphärische System, die Verbindung einer konvexen mit einer konkaven Kugel. JENTZSCH stellte sich nun ganz allgemein die Frage, wie man am besten mit zwei spiegelnden Kugelflächen eine gute Strahlenvereinigung erzielen könnte, und fand, daß dieses bei zwei konzentrischen Kugelflächen der Fall sei. Der Verf. zeigt, daß zwei spiegelnd gedachte konzentrische Kreise einfallende Strahlen, mögen sie achsenparallel sein oder von einem in endlicher Entfernung liegenden Achsenpunkt ausgehen, stets so reflektieren, daß die Schnittweite dem Sinusverhältnis und damit der Vergrößerung proportional ist. Trägt man die bei einem großen Winkelbereich sich ergebenden, auf irgendeine Einheit bezogenen sphärischen Aberrationen der Vereinigungswerte und des Sinusver-

hältnisses graphisch auf, so fallen diese bei anderen optischen Systemen stets getrennten beiden Kurven hier in eine einzige zusammen; das sog. Koinzidenzkriterium ist hier also streng erfüllt. Damit kann man aber die konzentrischen Kreise auch als ein komafreies System bezeichnen. Da ferner bei allen diesen Systemen der eine Kreis als konkaver, der andere als konvexer Spiegel benutzt wird, so haben die Katakaustiken der beiden Spiegel entgegengesetzten Sinn, so daß sich bei der Kombination ihre Aberrationen zum großen Teil gegenseitig aufheben. Auf Grund dieser Überlegungen konstruierte JENTZSCH seinen konzentrischen Kondensor aus zwei konzentrischen spiegelnden Kugelflächen. Der konzentrische Kondensor hat einen Aperturbereich von 0,97 bis 1,35; der Verf. zeigt, daß damit die zur Dunkelfeldbeleuchtung günstigste Ausnutzung der Helligkeit erzielt wird. Setzt er das theoretische Maximum der Helligkeit gleich 100, so wird die Helligkeit des konzentrischen Kondensors 84,1, die des Dunkelfeldkondensors von v. Ignatowsky 78,2, die des Kardioidkondensors aber nur 48. Bei der gewählten Aperturbegrenzung ist das passende Radienverhältnis der konzentrischen Kugeln etwa 2,25 bis 2,30. Der Vorteil dieses Kondensors liegt auch darin, daß man beide spiegelnden Flächen an ein einziges Stück Glas anschleifen kann; beide Spiegel werden versilbert. Form und Wirkung des Kondensors wird durch Fig. 1 erläutert.



Außer dem konzentrischen Kondensor hat JENTZSCH noch einen „Ultrakondensor“ konstruiert, der dazu dienen soll, ein gewöhnliches Mikroskop für ultramikroskopische Untersuchungen brauchbar zu machen⁴⁾. Er

²⁾ Chem. Ber. **43**, 692; Beibl. **34**, 715 (1910).

³⁾ Phys. Zeitschr. **11**, 993; Verh. d. Deutsch. Phys. Ges. **12**, 975 (1910).

⁴⁾ Phys. Zeitschr. **11**, 1001; Verh. d. Deutsch. Phys. Ges. **12**, 992 (1910).

erzielt den hierbei nötigen, zur Mikroskopachse senkrechten Beleuchtungskegel auch durch zwei an Glaskörper angeschlossene spiegelnde Kugelflächen. Der Ultrakondensator wurde in drei verschiedenen Formen hergestellt. Bläst man in einen dieser Kondensoren Tabaksrauch, so sieht man eine große Zahl heller Teilchen in lebhafter Molekularbewegung. Springt im Hohlraum des Kondensators ein elektrischer Funke über, so sieht man die von den Elektroden abgerissenen Metallteilchen umherschwirren.

Schk.

Zur Theorie der Strahlung. Eine allgemeine Formel für die Emission der Strahlung aller Wellenlängen hat H. J. JEANS entwickelt¹⁾. Er ging aus von den Hamiltonschen Differentialgleichungen für alle mechanischen und elektrodynamischen Vorgänge. Bei diesen wird vorausgesetzt, daß im thermodynamischen Gleichgewicht die gesamte Energie eines Gases nach allen Richtungen, auf alle verschiedenen Moleküle, Ionen, Atome, Elektronen in den verschiedenen Energieformen gleichmäßig verteilt ist. Wie PLANCK ausführt, ist aber die JEANSsche Strahlungsformel mit der Erfahrung nicht in Übereinstimmung²⁾. Das ist jedoch der Fall mit der von PLANCK selbst gegebenen Formel. Seine Theorie beruht auf der Annahme, daß der Austausch von Energie zwischen der ponderablen Materie und dem Äther erst durch die Vermittlung gewisser schwingender Teilchen, „Oszillatoren“, zustande kommt. Diese Oszillatoren vermögen die Energie nur aufzunehmen in bestimmter endlicher Menge, die proportional ist der Schwingungszahl des Oszillators. Die PLANCKsche Strahlungsformel enthält zwei Konstanten h und k , während die JEANSsche Formel nur die Größe k enthält; nimmt man in der ersteren h unendlich klein, so geht sie in die zweite über. k ist gleich der auf Moleküle bezogenen absoluten Gaskonstanten; h ist die Größe, welche PLANCK als „elementares Wirkungsquantum“ bezeichnet und ist an die Annahme von Unstetigkeiten der elementaren Strahlungsvorgänge gebunden. Die Hamiltonschen Gleichungen, aus denen JEANS seine Formel herleitet, dürften daher keine allgemeine Gültigkeit beanspruchen. Der Konstante h muß jedenfalls eine wesentliche Rolle für die Strahlungsvorgänge zuerkannt werden. Ein Oszillator von der Schwingungszahl ν kann

nur Energiemengen austauschen, die ganzzahlige Vielfache der Größe $h\nu$, des sogenannten „Energieelementes“, sind. Viele Forscher, wie Einstein und Stark, vertreten nun die Ansicht, daß auch die elektrodynamischen Vorgänge im reinen Vakuum, also auch die Lichtwellen, nicht stetig, sondern nach diskreten Lichtquanten $h\nu$ verlaufen. Über die Einsteinschen Anschauungen wurde in dieser Zeitschr. (XXIII, 49) berichtet; Stark fand, daß verschiedene Eigenschaften der Röntgenstrahlen, wie ihre Dissymmetrie bei einer Kohlenantikathode und besonders die Emission schneller sekundärer Kathodenstrahlen durch Röntgenstrahlen nicht nach der Ätherimpulstheorie, wohl aber nach der Lichtquantenhypothese zu erklären sei³⁾. PLANCK gibt eine Kritik der Anschauungen von Einstein und Stark. Einstein hatte für die mittlere Größe der Impulse, die eine in einem strahlenerfüllten Hohlraum befindliche spiegelnde Platte bei statischem Gleichgewicht durch den Strahlungsdruck erleidet, einen Ausdruck gefunden, der ein nur auf quantenartige Impulse zurückzuführendes Glied enthielt (diese Zeitschr. XXIII, 51). PLANCK ist der Ansicht, daß die in diesem Gliede auftretenden Strahlungsschwankungen auch durch die Undulationstheorie zu erklären sind, indem daraus eben auf Schwankungen in den von der Lichtquelle emittierten Schwingungen zu schließen ist. Ebenso hätten die Starkschen Versuche an Röntgenstrahlen keine zwingende Beweiskraft zugunsten einer Korpuskulartheorie des Lichts, da wir sowohl über die Natur der Röntgenstrahlen als auch über die Einzelvorgänge bei ihrer Erzeugung noch zu wenig im klaren sind. PLANCK hält es daher für durchaus unangebracht, um einiger noch recht anfechtbarer Betrachtungen willen das so stark fundierte Gebäude der elektromagnetischen Lichttheorie ins Wanken zu bringen. Viel lohnender erscheint ihm die Aufgabe, seine Strahlungstheorie so umzuformen, daß sie den neuen Tatsachen gerecht wird, ohne daß dabei ihre wertvollsten Bestandteile geopfert werden. Die PLANCKsche Theorie besteht aus zwei scharf getrennten Teilen: der elektrodynamischen Theorie der elementaren Oszillatoren und der statischen Theorie dieser Oszillatoren. Die Energie U eines Oszillators in der elektrodynamischen Theorie ist eine stetig veränderliche Größe, in der statischen Theorie dagegen ein ganzes Vielfaches von $h\nu$. Die Schwierigkeit besteht

¹⁾ Phil. Mag. 18, 209 (1909).

²⁾ Ann. d. Physik 31, 758 (1910).

³⁾ Phys. Zeitschr. 11, 24 (1910).

darin, ob diese beiden Eigenschaften von U miteinander verträglich sind. Da man mit der allgemeinen Stetigkeit von U nicht durchkommt, sondern dann auf die JEANSSCHE Formel geführt wird, so bleibt nichts anderes übrig, als die elektrodynamische Theorie der Oszillatoren so zu modifizieren, daß sie der Unstetigkeit von U Rechnung trägt, was vielleicht darauf hinauskäme, die eine für das Mitschwingen eines Oszillators angenommene Differentialgleichung zu ersetzen durch eine endliche Anzahl von Gleichungen, gültig für eine diskrete Anzahl von Zeitpunkten, die sich etwa auf die (plötzlichen) Erregungen eines Oszillators beziehen. Ihre physikalische Bedeutung bestünde in der Einführung einer Art Reizschwelle für das Ansprechen eines Oszillators. Der Verf. findet eine Analogie für eine derartige Verbindung von stetiger und unstetiger Funktion in der Hydrodynamik und in der Elastizitätstheorie, wo auch in den Betrachtungen, die sich auf die stetige Veränderlichkeit der Dichte, der Deformation und anderer Eigenschaften im Raume beziehen, ein Widerspruch gegen die atomistische Struktur der Körper nicht gefunden wird. Ebenso wie trotz der Durchführung der Atomistik in der Physik die Differentialgleichungen der Hydrodynamik bestehen bleiben, sobald es sich um Vorgänge handelt, die sich in größeren Dimensionen abspielen, so wird man vielleicht auch die PLANCKSchen Differentialgleichungen für die Oszillatorschwingungen aufrecht erhalten können, wenn nur die Mittelwerte der Oszillatorenergie und der Strahlungsintensität für größere Zeiten zu berechnen sind. Mit der Einführung der zeitlichen Unstetigkeit nähert sich also PLANCK den Anschauungen von Einstein, Stark u. a.; doch bleibt der wesentliche Unterschied bestehen, daß er bis auf weiteres an der strengen Gültigkeit der Maxwell-Hertz'schen Differentialgleichungen für den leeren Raum festhält, wobei die Existenz diskreter Energiequanta im Vakuum ausgeschlossen ist.

Auch H. A. LORENTZ äußert sehr erhebliche Bedenken gegen die Hypothese der Lichtquanten⁴⁾. Daß die Lichtquanten sich in ihrer Fortpflanzungsrichtung über weite Räume ausbreiten müssen, folgt nach ihm aus der Tatsache, daß man mit homogenem Licht noch bei einer Phasendifferenz von zwei Millionen Schwingungszeiten Interferenzerscheinungen wahrgenommen hat. In jedem Lichtquantum müssen daher mindestens zwei

Millionen Wellen regelmäßig aufeinander folgen, so daß, wenn man die Wellenlänge zu $4 \cdot 10^{-5}$ cm setzt, jedes Quantum sich in der Richtung seiner Bewegung über einen Bereich von mindestens 80 cm erstreckt. Mit der Annahme einer solchen Ausdehnung eines Lichtquantums sind die gewöhnlichen Anschauungen über die Absorption schwer zu vereinen. Da ein absorbierendes Molekül nicht weniger als ein volles Quantum aufnehmen kann, so muß es sich der Energie einer großen Anzahl von Schwingungen bemächtigen. Beim Auftreffen der ersten Wellen kann dann noch nicht entschieden werden, ob das ganze Quantum absorbiert werden kann; eventuell muß das absorbierende Teilchen die vorläufig aufgenommene Energie, falls es sie nicht bis zu einem vollen Quantum festzuhalten vermag, wieder loslassen. Aus der Betrachtung eines Sterns mit einem Fernrohr folgert LORENTZ ferner, daß sich ein Lichtquantum auch seitwärts in der Richtung senkrecht zur Bewegung über eine beträchtliche Strecke ausbreiten muß. So beobachtet man bei Bedeckung der einen Hälfte des Objektivs eine größere Ausbreitung des Lichtes als bei voller Objektivöffnung, indem an einigen Stellen die durch die eine Hälfte eindringende Lichtbewegung infolge von Interferenz durch die durch die andere Hälfte gegangene Bewegung aufgehoben wird. Da diese Wirkung durch ein Lichtquantum zustande kommen müßte, so muß sich dieses über die beiden Hälften des Objektivs erstrecken. Die Ausdehnung der Lichtquanten müßte hiernach mindestens der Objektivgröße unserer größten Teleskope entsprechen. In die Pupille des Auges könnte dann aber nur ein kleiner Bruchteil eines Quantums eindringen; kann das Licht nur in ganzen Quanten auf die Netzhaut wirken, so müßte man annehmen, daß die Bruchteile vieler verschiedener Einheiten wieder zu einem vollen Quantum vereinigt werden. *Schk.*

Positive Strahlen. Einfache Anordnungen zur Erzeugung von Kanalstrahlen gibt E. GOLDSTEIN an¹⁾. Als Kathode dienen ihm zunächst zwei parallele Drähte von 4–6 mm Abstand und 10–15 mm freier Länge. Der Raum zwischen beiden Drähten dient dann als „Spalt“, von dem nach jeder Seite die charakteristischen Kanalstrahlenbänder sich ausbreiten. Außer diesen beiden

⁴⁾ Phys. Zeitschr. **11**, 349 (1910).

¹⁾ Annalen der Physik **12**, 661; Phys. Zeitschr. **11**, 873 (1910).

hellen Bandpaaren waren die Drähte noch ringsum von unendlich vielen nach allen Seiten gehenden, ganz schwachen Lichtbändern derselben Form umgeben. Dieselben Lichtbänder konnten dann auch an einem einfachen Draht oder einzelnen rechteckigen Metallstreifen in verdünntem Wasserstoff wahrgenommen werden. Bei naher Gegenüberstellung eines zweiten Drahts oder Metallstreifens gehen von den einander zugekehrten Seiten desselben sehr viel hellere Bänder aus. Diese Steigerung der Helligkeit hängt zusammen 1. mit der Herabsetzung des Entladungspotentials durch gegenseitige Bestrahlung der einander zugekehrten Flächen, 2. mit der durch eine gegenüberstehende Kathode bewirkten Verdichtung der S_1 -Strahlen (erste Schicht des Kathodenlichts). GOLDSTEIN hält es für wahrscheinlich, daß die Kanalstrahlen an der Kathode selbst ihren Ursprung nehmen, ihre Geschwindigkeit aber der Energie der S_1 -Strahlen verdanken. Der Verf. beschreibt noch die bei drei und vier parallelen Drähten auftretenden Strahlenbänder, die Erscheinungen bei zwei Nachbarkathoden mit ungleicher Stromverteilung sowie einige Schattenercheinungen der Kanalstrahlen.

Eine Szintillation der Kanalstrahlen auf Gieselschem Zinksulfid beobachteten H. v. DECHEND und W. HAMMER²⁾. Die Stromstärke im Entladungsraum des die Kanalstrahlen erzeugenden Apparates mußte dazu möglichst gering, das Entladungspotential so hoch wie möglich sein. Das ist der Fall, wenn man das Vakuum so hoch nimmt, daß die Entladung gerade noch hindurchgeht, die Kanalapertur aber klein ist. Besonders deutlich tritt die Erscheinung ein, wenn man die Kanalstrahlenteilchen durch ein starkes elektrisches Feld beschleunigt. Alle Teile eines Kanalstrahlenbündels, die neutralen sowie die ablenkbaren, haben die Eigenschaft, Szintillation zu erregen.

Wie J. KÖNIGSBERGER und J. KUTSCHENSKI fanden, werden die neutralen Teile der Kanalstrahlen durch Zusammenstoß mit Gasmolekülen dissoziiert³⁾. Die Verfasser untersuchten die neutralen Strahlen in einem Raum, aus dem die positiven Strahlen durch Ablenkung mit dem Magneten entfernt wurden. Die neutralen

Strahlen erzeugten dann zwischen geladenen Kondensatorplatten einen Strom. Ebenso wie die Ionisation wird auch die Lichtemission der Kanalstrahlen bedingt durch Zusammenstoß der neutralen Strahlen mit ruhenden Gasmolekülen. In weiteren Versuchen gelang es dem Verf. eine kräftige photographische Wirkung der Kanalstrahlen auf Chlorbromsilberpapier hervorzurufen⁴⁾. Die Reichweite der Kanalstrahlen in Medien der Dichte 1 betrug für $v = 1 \cdot 10^8$ nur einige μ . Die Expositionszeit betrug 10–50 Sek. Man sah auf dem Papier den neutralen Strahl, den dauernd positiven Anteil, den erst positiv, dann neutralisierten, den dissoziiert positiven, und, wenn Quecksilberdampf zugegeben war, die negativen Anteile. Bei der Fluoreszenz und der Photographie ist kein wesentlicher Unterschied zwischen der Wirkung positiver und neutraler Teile. In Verbindung mit K. KILCHLING benutzte KÖNIGSBERGER die photographische Methode zu genaueren Untersuchungen⁵⁾. Die Schwärzung des Papiers war proportional der Zahl der Kanalstrahlenteile in der betreffenden Zeit. Elektrisches und magnetisches Feld wurden bei den Versuchen genau senkrecht zueinander justiert. Die Untersuchungen betrafen die Dissoziation, Neutralisation, Geschwindigkeitsabnahme, Deflexion der Kanalstrahlen. Die Dissoziation war ungefähr der Dichte des Gases proportional. Die Neutralisation der positiven Teile erfolgt um so rascher, je geringer die Zahl der Zusammenstöße ist; bei sehr geringem Druck verschwindet sie ganz. Die Geschwindigkeitsabnahme ist für die einzelnen Teile eines Strahlenbündels eine verschiedene. Die Geschwindigkeitsstreuung ist mit der Geschwindigkeitsabnahme proportional; je geringer der Druck, um so kleiner sind beide. Eine besondere Untersuchung der Dissoziation im Wasserstoff ergab, daß die Geschwindigkeit des dissoziierten Wasserstoffkanalstrahles nur wenig kleiner war als die des primär positiven Strahles und mit dieser variierte. Bei hohem Vakuum und kurzen Wegstrecken im Entladungsraum gelangt ein Teil der schwereren positiven Ionen vor der Neutralisation in das elektrische und magnetische Feld und wird dadurch der Messung zugänglich. Auf diese Weise lassen sich positive und negative Ionen beobachten.

²⁾ Verh. d. Deutschen Phys. Gesellsch. **12**, 531 (1910).

³⁾ Verh. d. Deutschen Phys. Gesellsch. **12**, 538 (1910).

⁴⁾ Phys. Zeitschr. **11**, 666 u. 848 (1910).

⁵⁾ Verh. d. Deutschen Phys. Gesellsch. **12**, 995 (1910).

Eine neue Bestätigung der Starkschen Ansicht, daß beim Dopplereffekt der Kanalstrahlen die „ruhenden“ Linien durch Zusammenstoß der bewegten Kanalstrahlenteilchen mit ruhenden Gasmolekülen erzeugt werden, gibt eine Untersuchung von B. SPRASSER⁶⁾. Die von der Kathodenöffnung kommenden Strahlen traten aus der wasserstoffhaltenden Entladungsröhre durch eine enge Kapillare in eine zweite Röhre, die mit Luft gefüllt war. In der Entladungsröhre und am Anfang der Kapillare waren dann in dem Kanalstrahlenbündel nur die Wasserstofflinien wahrzunehmen; bei weiterer Entfernung von der Kathode waren auch die Linien der Luft, besonders die violetten Banden des Stickstoffs, sichtbar. In Übereinstimmung mit diesen subjektiven Beobachtungen standen die Ergebnisse der photographischen Aufnahme.

In Fortsetzung seiner Versuche über positive Strahlen bestimmte W. WIEN genauer die magnetische (und elektrische) Ablenkung der Kanalstrahlen von Wasserstoff, Sauerstoff, Stickstoff, Jod⁷⁾. Die Methode war die in dieser Zeitschrift XXIII, 240 beschriebene, bei der eine lineare Thermosäule durch das Kanalstrahlenbündel bewegt wurde. Die Strahlen gelangten durch eine Kapillare in den Beobachtungsraum, in dem die Gasverdünnung wesentlich höher war als in der Entladungsröhre selbst. Das Magnetfeld war sehr klein und erforderte eine besondere Methode zu seiner Messung. Der Verf. zeigt, daß, wenn y_m die magnetische Ablenkung, V die Entladungsspannung, \mathfrak{H} die Feldstärke, m/e Masse: Ladung bedeutet, die Größe $b = y_m / \mathfrak{H} \cdot \sqrt{V \cdot m/e}$ konstant sein muß. Diese Konstanz von b ergab sich auch im allgemeinen aus den Beobachtungen; erhebliche Abweichungen fanden sich nur bei den Jodkanalstrahlen für sehr hohe Spannungen, wo b größer, ferner bei H -Resten in O -Strahlen und bei O -Resten in J -Strahlen, wo b kleiner als sonst war. Aus der magnetischen und elektrischen Ablenkung wurde die beschleunigende Spannung V_0 berechnet. Es ergab sich, daß diese nur einen Teil der Entladungsspannung ausmacht; die aus der elektrischen Spannung berechneten Werte von V_0/V sind durchschnittlich etwas größer als die aus der magnetischen berechneten.

Um über die Natur der Träger der schwingenden Elektronen, denen im allge-

meinen die Aussendung der Spektrallinien zugeschrieben werden muß, einen Aufschluß zu erhalten, benutzte O. REICHENHEIM die Anodenstrahlen⁸⁾. Die Anodenstrahlen haben vor den Kanalstrahlen den Vorteil, daß man mit ihnen leichter die verschiedenen Elemente in strahlende Form bringen kann. Während außerdem ein Kanalstrahlenbündel im magnetischen und elektrischen Felde in einen unablenkbaren und einen ablenkbaren Teil zerlegt werden, sind die Anodenstrahlen durchweg ablenkbar. Zur Erzeugung der Anodenstrahlen dienten Salzanoden, die durch Mischung der betreffenden Salze mit Graphitpulver, oft auch mit Eisen- und Silberpulver, hergestellt wurden. Die Anoden befanden sich am besten in Quarzröhren. Zur Aufnahme des sichtbaren Spektrums der Anodenstrahlen diente ein Vogelscher Spektrograph, zur Aufnahme des ultravioletten ein Fuescher Quarzspektrograph. Von den Alkalien wurden Spektren der *Li*-, *Na*-, *K*- und *Rb*-Strahlen aufgenommen; sie ähnelten im allgemeinen den Bogenspektren. Dagegen waren die Anodenstrahlenspektren der Erdalkalien sehr viel einfacher wie die Bogenspektren dieser Elemente. Aus Salzen anderer Elemente, wie z. B. von Kadmium und Eisen, gelang es auch, Anodenstrahlen zu erhalten; doch hatten die Anoden eine zu kurze Lebensdauer, um eine genauere Untersuchung der Spektren zu ermöglichen.

Wie von Gehrcke und dem Verf. gefunden war, zeigen die von Alkalistrahlen emittierten Spektrallinien den Dopplereffekt, dessen Größe, in Übereinstimmung mit den durch Messung der magnetischen Ablenkung erhaltenen Resultaten, auf ein einwertiges Ion schließen ließ. Die Spektrallinien der Erdalkalistrahlen zeigen auch den Dopplereffekt, aber nur als „bewegte Intensitäten“; die „ruhenden Intensitäten“ dagegen fehlen diesen Linien. Berechnet man aus dem Dopplereffekt e/m für die *Sr*- und *Ca*-Strahlen, so erhält man Werte, die auf ein zweiwertiges Atomion schließen lassen. Dasselbe ergab sich auch aus der Messung ihrer magnetischen Ablenkung. Der Verf. kommt hiernach zu dem Schlusse, daß die Starksche Hypothese, nach der die Träger der Haupt- und Nebenserien positive Atomionen seien, die Beobachtungen an Anodenstrahlen am besten erklären.

Die Ansichten über elektrische Strahlungen der Sonne faßte E. GEHRCKE in

⁶⁾ Annalen der Physik **32**, 1107 (1910).

⁷⁾ Annalen der Physik **33**, 871 (1910).

⁸⁾ Annalen der Physik **33**, 747 (1910).

einem Vortrage zusammen⁹⁾. Es ist anzunehmen, daß die Sonne als glühender Körper in einer Gasatmosphäre von sehr hoher Verdünnung Elektronen (Kathodenstrahlen) aussendet, als die vielleicht die Koronastrahlen anzusehen sind. Da, dem Verlust an negativer Elektrizität entsprechend, eine positive Aufladung stattfindet, so ist zu erwarten, daß unter geeigneten Umständen von der Sonne auch positive Strahlen ausgesandt werden. Wahrscheinlich sind die Protuberanzen solche positiven Strahlen nach Art der Kanal- und Anodenstrahlen. Die Geschwindigkeiten beider Strahlenarten sind von der gleichen Größenordnung und betragen oft Hunderte von Kilometern in der

Sekunde. In den Spektren der Protuberanzen beobachtet man hauptsächlich Linien von Stoffen, die bei genügender Verdünnung und hohem Potentialgefälle Kanal- und Anodenstrahlen zu erzeugen vermögen; das in den Protuberanzen auftretende Spektrum des Wasserstoffs und Calciums zeigt dieselben Linien wie das Kanalstrahlenspektrum dieser Stoffe. An den Ursprungstellen der Protuberanzen treten Sonnenflecke auf, die nach Hale negativ geladen, mithin lokale Kathoden sind. Diese senden dann die als Koronastrahlen zu beobachtenden Kathodenstrahlen aus, deren Ausdehnung, der geringeren Größe der negativen Teilchen entsprechend, eine weit größere ist als die der positiven Protuberanzen.

Schk.

3. Geschichte und Erkenntnistheorie.

Die Edizione Nazionale der Werke Galileis.

Seit Anfang dieses Jahres liegt die *Edizione Nazionale delle opere di Galilei* vollständig vor. Damit besitzt Italien nunmehr ein Werk, das bei allen Völkern einzig dasteht. Libri sagt in seiner *Hist. d. sc. math. en Italie*, (T. IV, p. 291) von Galilei: „*Grand astronome et grand géomètre, créateur de la véritable physique et de la mécanique, réformateur de la philosophie naturelle; il fut en même temps un des plus illustres écrivains de l'Italie.*“ Schon aus dieser Notiz ergibt sich die Notwendigkeit und das Verdienst der obigen Ausgabe. Die bisherigen Galilei-Ausgaben ließen Vollständigkeit und Exaktheit vermissen und konnten besonders dem „hervorragenden Schriftsteller“ Galilei um so weniger gerecht werden, je mehr sie seinen Briefwechsel unbeachtet ließen. Das letzte Werk, dessen Druck Galilei noch selbst besorgen konnte, war der bekannte Dialog über die zwei Weltsysteme (1632). Das dann nachfolgende reifste und wichtigste Werk Galileis, die *Discorsi e dimostrazioni intorno a due nuove scienze*, wurde, da ihm durch die Inquisition seit 1633 verboten war, etwas zu veröffentlichen, als Manuskript durch Vermittlung des Venezianers Micanzio 1638 von der Firma Elzevirii (Leiden in Holland) gedruckt und mit der Widmung an den Grafen Noailles veröffentlicht. Dieselbe Firma hatte schon den Dialog und die Briefe an Christina gedruckt und sollte auch die übrigen Werke drucken, und zwar noch bei Lebzeiten Galileis, dessen sehnlichster Wunsch es war, seine Werke gesammelt zu sehen; es sollte eine Ausgabe in lateinischer Sprache sein. Aber

die Sache zog sich in die Länge, und Galilei sah seinen Wunsch nicht erfüllt, als er Anfang 1642 starb. Sein Lieblingsschüler Viviani sammelte Galileis Schriften und Dokumente zu einer Gesamtausgabe; aber die Feindseligkeiten von gewisser Seite vereitelten den Plan, obwohl er von Fürst Leopold von Medici, dem späteren Kardinal, aufs tatkräftigste gefördert worden war. Erst 1656 kam eine Ausgabe durch Manolesi in Bologna zustande, die aber den verbotenen Dialog über die Weltsysteme, den bekannten Brief an die Großherzogin Christina, in welchem Galilei sich mit den theologischen Feinden des kopernikanischen Systems auseinandersetzte, und vieles andere nicht enthielt, also infolge ihrer Unvollständigkeit die Wünsche Vivianis und L. v. Medicis nicht befriedigte. 1661 hatte der rastlose Viviani alles bereit zu einer neuen, vollständigen Ausgabe; aber diese scheiterte nach dem Tode des treuen Kardinals v. Medici an dem Widerstand der feindseligen Machthaber. Diesbezügliche Unterhandlungen Vivianis hatten gezeigt, daß die Druckerlaubnis nicht durchzusetzen war; wurden doch gerade damals Kongregationen der Kardinäle des heiligen Offiziums und vor Innozenz XII. abgehalten, in denen von einem allgemeinen Verbot der neueren Physikautoren gesprochen und Listen angefertigt wurden, auf denen sogar Gassendi und Descartes als gefährlich verzeichnet waren. Viviani starb, und erst 1718 wurde von der Accademia della Crusca in Florenz eine Neuausgabe veranlaßt. Wenn diese erste Florentiner Ausgabe die verbotenen Schriften noch nicht enthielt, so lag in der ersten Paduaner (1744) von Gius. Toaldo wenigstens der Dialog zum erstenmal vor;

⁹⁾ Phys. Zeitschr. 11, 731 (1910).

allerdings brachte die Vorrede die vorsichtige Erklärung, daß die Lehre von der Erdbewegung nur eine mathematische Hypothese sei. Diese beiden Ausgaben benutzten die Vivianische Manuskriptensammlung, obgleich sie damals noch, allerdings in einem Getreideschober vergraben, vorhanden war, in keiner Weise, und einige Jahre darauf war die Sammlung definitiv zerstreut; nur Bruchstücke davon konnten später noch gerettet werden. 1811 war die erste Mailänder Ausgabe beendet; aber eine Verwertung des von Nelli und dem Großherzog Ferdinand III. gesammelten Nachlasses Galileis fand nicht statt, und Venturis Plan einer kompletten Neuausgabe verwirklichte sich nicht. Die zweite Mailänder Ausgabe (1832) aber war von allen die unbrauchbarste. Erst 1842—1856 wurden von Albèri die in der Biblioteca Palatina (Florenz) bisher unbenutzt liegenden Galileischen Manuskripte in einer neuen und ersten vollständigen Ausgabe verwertet. Doch hat auch diese wegen der undurchführbaren Anordnung nach Materialien, statt nach chronologischen Grundsätzen, der willkürlichen Bearbeitung und Kürzung des Textes recht bedenkliche Mängel.

An diesen sechs Ausgaben hatte man nun die Fehler, die zu vermeiden waren, und die Grundsätze, nach denen eine Neuauflage zu besorgen war, allmählich erkannt. Vor allen war es Antonio Favaro in Padua, der sich schon vor ca. 30 Jahren den eingehendsten Studien der Werke Galileis widmete. In etwa 60 Vorarbeiten und Quellenstudien zeigte er, wie unvollständig die Kenntnis der Quellen bisher war, und wie nötig eine Neuausgabe Galileis sei. Diese erste Anregung hierzu gab er im Reale Istituto Veneto (1881). Es gelang ihm, den Unterrichtsminister für die Sache zu interessieren, und im Februar 1887 erkannte ein königliches Dekret die Notwendigkeit und Möglichkeit einer vollständigen und originaltreuen Ausgabe an. Diese sollte auf Staatskosten gedruckt und Edizione Nazionale genannt werden; Favaro wurde der Leiter der Redaktionsarbeiten. Er zeigte sich dieser Riesenaufgabe im vollsten Maße gewachsen. Es wurde zunächst ein Aufruf erlassen, der in den Zeitungen und Zeitschriften aller Länder Europas erschien und dem bald ein Verzeichnis der Personen folgte, die mit Galilei im Briefwechsel standen; dadurch gelang es eine Menge neuen handschriftlichen Materials heranzuziehen. Die neue Ausgabe sollte alles bringen, was noch vorhanden war, und darunter keine Zeile, die nicht mit dem Originalautogramm oder

der ältesten vorhandenen Quelle verglichen war. — Der Anordnungsplan wurde 1888 veröffentlicht: Die einzig mögliche und konsequente Ordnung der Materialien war die chronologische; diese wurden dabei in drei Gruppen geteilt: Wissenschaftliche und literarische Werke, Briefwechsel, Dokumente. Das ungeheure Material wurde auf 20 Bände verteilt, von denen jeder für sich etwas Abgeschlossenes sein sollte. Der Text wurde nach anerkannten kritischen Gesichtspunkten behandelt unter Beihilfe des Philologen Marchesini. Die Form, in der die Manuskripte aufgenommen werden sollten, verlangte ebenfalls eingehende Studien, Sorgfalt und Umsicht. Jeder Schrift oder jeder Gruppe von Schriften sollte eine historische und bibliographische Einleitung und jeder Seite die Textkritik in Noten beigegeben werden. Eine wertvolle Eigenschaft dieser Beifügungen der Herausgeber sollte die Objektivität sein, alle persönlichen und subjektiven Meinungen sollten vermieden sein; dadurch wollte man die Ausgabe zu einer definitiven machen und dem raschen Veralten derselben vorbeugen.

Nach solchen planmäßigen Vorarbeiten folgten die Bände rasch aufeinander: die ersten acht (1890—1898) enthalten die wissenschaftlichen Werke, und zwar der Reihe nach die noch scholastischen *Juvenilia*, die *Fragmente de Motu*, den *Sidereus Nuntius*, die *Abhandlungen über die schwimmenden Körper* und die *Sonnenflecken*, einige Briefe zur Verteidigung des kopernikanischen Systems, den *Saggiatore*, den berühmten *Dialog über die zwei Weltsysteme* und das letzte große Werk *Discorsi e Dimostrazioni*; diesen Werken Galileis sind noch einschlägige *Gegen- und Streitschriften* von Zeitgenossen beigegeben. Der IX. Band (1899) enthält literarische Arbeiten Galileis über *Dante*, *Ariost* und *Tasso*. Der X.—XVIII. Band umfassen die 2. Gruppe der Schriften, nämlich die *Briefe Galileis und seiner Freunde*. Es ist vielleicht die großartigste Briefsammlung, die existiert; es sind hier 4000 Briefe zusammengetragen, während die Albèrische Galilei-Ausgabe deren 1500 enthielt. Jene Sammlung ist infolge der chronologischen Anordnung und ihrer Reichhaltigkeit ein Stück Kulturgeschichte aus einer der interessantesten Epochen des Abendlandes; sie stellt zugleich eine Tragödie dar, deren Held Galilei ist; sie schildert uns seinen Triumph und sein Elend; wir sehen den erbitterten Kampf zweier Weltanschauungen vor uns, der durch keine Konzession beigelegt werden konnte.

Eine wertvolle Ergänzung gab Favaro der neuen Ausgabe im XIX. Band (1907), der die Dokumente, die Galilei betreffen, umfaßt und zum erstmalig die Akten der Galilei-prozesse vollständig und wortgetreu enthält. Der XX. und letzte Band (1910) erleichtert die Benutzung der Ausgabe durch ein genaues Namens- und Sachregister, ferner durch einen biographischen Index, der die Lebensdaten von 1600 Personen aufzählt. —

So ist denn in 20 Jahren durch Favaro und seine Mitarbeiter ein Werk geschaffen, das unvergleichlich dasteht; Italien hat einem seiner größten Männer ein unvergängliches Denkmal gesetzt, und die dreißigjährige Lebensarbeit Favaros ist mit einem ganzen Erfolg gekrönt. Ein besonderes Verdienst der italienischen Regierung ist es, daß sie für die Verbreitung und Zugänglichkeit des Nationalwerkes in einfachster Weise Sorge getragen hat, indem sie die Kosten des Werkes auf sich nahm und die Ausgabe sämtlichen Universitäten Europas und vielen anderen Universitäten bis in den fernen Osten geschenkt hat.

Auch die Schule wird mit Pietät vor dem großen Werke stehen und sich erinnern, daß Galilei es war, der die Beobachtung der Natur und das Experiment zum wahren Forschungsprinzip erhoben hat, und daß die Schule ganz im Geiste Galileis handelt, wenn sie auch dem Schüler jene Forschungsmethode als Wahrheitsquelle zugänglich macht.

J. Klug.

Über die Entwicklung des Temperaturbegriffs. Ursprünglich ist die Temperatur ihrem Begriffe nach nichts weiter als eine „Registrierungszahl“ oder nach Mach eine „Inventarnummer“ der Wärmezustände. Es genügt, angeben zu können, wann zwei Körper gleiche Temperatur haben, und wann ein Körper eine höhere Temperatur hat als ein anderer. Welche Größe jedoch für den Unterschied zwischen zwei Temperaturen dabei angenommen wird, ist zunächst durchaus willkürlich und selbst für die Messung belanglos, solange die einmal definierte Skale eindeutig und reproduzierbar ist. Demgemäß entstand auch eine ganze Reihe verschiedener Skalen, die sich auf irgendeine mit der Temperatur veränderliche Eigenschaft einer beliebigen Substanz gründeten, und von denen keine einen inneren Vorzug vor der anderen beanspruchen konnte. Die Erkenntnis der sehr nahe gleichen Ausdehnung aller Gase erlaubte dann zum ersten Male, eine

„Normalskale“ aufzustellen, die zwar auch nicht streng, aber doch in ziemlich weiten Grenzen von der Wahl der Substanz unabhängig war. Eine wirklich „absolute“ Skale jedoch, bei der sich gleiche Stufen nicht nur durch gleiche oder nahezu gleiche Eigenschaftsänderungen verschiedener Stoffe, sondern durch ein allumfassendes Gesetz der Wärmelehre, nämlich den zweiten Hauptsatz, definieren ließen, war erst die von W. Thomson angegebene „thermodynamische“ Skale. Durch sie erhielt der Begriff der Temperatur einen ganz neuen Inhalt, der für die gesamte Physik von außerordentlicher Bedeutung wurde und seine Nützlichkeit u. a. dadurch dokumentierte, daß eine ganze Reihe von Gesetzen durch die Einführung dieser absoluten Temperatur besonders einfache Formen annahm.

Frau KIRSTINE MEYER, die sich seit längerem mit einem der merkwürdigen dieser Gesetze, dem der korrespondierenden Zustände, beschäftigt hat, unternimmt es nun, die geschichtliche Entwicklung des Temperaturbegriffes zu verfolgen, um zu erkennen, wie er allmählich zu der ihm heute innewohnenden tieferen Bedeutung gekommen ist¹⁾. Dabei zeigt sich, wie so häufig, daß das rechte Verständnis erst durch ein Zurückgreifen auf die Uranfänge, die sich bis ins Altertum verfolgen lassen, erschlossen wird; und wir müssen der Verf. dankbar sein, daß sie ihre Aufgabe so weit gefaßt hat und uns dadurch einen Beitrag zur Entwicklung eines Gedankens gegeben hat, der nach mehr als einer Richtung hin lehrreich ist.

Über die Vorstellungen, die vor der Erfindung des Thermometers über die Wärme allgemein herrschten, hat die Verf. eine besondere Studie veröffentlicht²⁾: „Om Antipersistasis.“ Kgl. Dansk. Vidensk. Selsk. Forhandl. 1903, S. 573. In dieser wurde gezeigt, wie ein durchaus falsches Prinzip, das von Aristoteles herrührte, 2000 Jahre hindurch als Erklärungsgrund für verschiedene physikalische Erscheinungen benutzt wurde und erst ganz allmählich überwunden werden konnte. Dieses „Antipersistasisprinzip“ lautet etwa so: „Wärme und Kälte haben selbstverstärkende Eigenschaften, wenn jede von

¹⁾ K. Meyer, „Temperaturbegrebets Udvikling gennem Tiderne samt dets Sammenhæng med vexlende Forestillinger om Varmens Natur.“ København 1909. 179 S.

²⁾ Vgl. den Bericht darüber in dieser Zeitschr. 18, 102.

ihrem Gegensatze umgeben ist.“ Daß dieser Satz, der unserem Empfinden nach den einfachsten Erfahrungstatsachen der Ausbreitung der Wärme widerspricht, sich so lange behaupten konnte, hatte sicherlich nicht allein seinen Grund darin, daß er aus dem Empedokleischen Dogma vom Hasse der Gegensätze abgeleitet war. Vielmehr schien er auch durch eine Reihe von Beobachtungen gestützt zu werden, die an sich richtig, aber entweder einer Sphäre entnommen waren, die wie die Meteorologie nur schwer zugänglich oder die wie die Erscheinung der Wärmeentwicklung beim Löschen des Kalkes mit besonderen Komplikationen verbunden waren. Dabei ist es denn interessant, zu bemerken, daß, wie häufig in der Frühzeit der Wissenschaften, nur das Abnorme der Erklärung für bedürftig gehalten wird, und daß der Gedanke, die alltäglichen Erfahrungen damit in Einklang zu bringen, fern liegt. Selbst Boyle, der 1665 den entscheidenden Schritt zur Wiederlegung des Prinzips tat, indem er durch eine Reihe geschickt ausgeführter Versuche seine Unhaltbarkeit bewies, ist nicht ganz frei davon. Um zu zeigen, daß die Wärmeentwicklung beim Benetzen des Kalkes nicht der Kälte der Flüssigkeit entspringt, benutzt er verschiedene Flüssigkeiten (Wasser und Terpenöl), von denen er sagt, daß sie längere Zeit im selben Zimmer gestanden und also gleiche Temperatur angenommen hätten. Der Ausgleich der Wärme wird demnach zur Widerlegung des Prinzips bereits als selbstverständlich vorausgesetzt. Auch Boyle ist die vollständige Beseitigung des Prinzipes nicht gelungen. Noch lange nach ihm tauchen wiederholt Gedanken auf, die noch eine auffallende Ähnlichkeit mit jenem haben, bis durch Clausius im zweiten Hauptsatz der Wärmelehre die Ausbreitung der Wärme als irreversibler Vorgang erkannt war.

Eine zweite Quelle von Irrtümern war gegeben durch die Trüglichkeit unserer Sinne. Die uns heute wohlbekannten Kontrastempfindungen spielen dabei eine Hauptrolle. Warum ein Keller im Sommer kalt und im Winter warm ist, bildet ein häufig diskutiertes Thema — an der Tatsache wird nicht gezweifelt. Daß Wasser und Erde an sich kalt sind, steht fest, ebenso, daß gewisse Arzneimittel kalt, andere heiß sind. Nimmt man hierzu, daß häufig die Wärmemenge mit der Wärmehöhe verwechselt wird, so leuchtet ein, wie weit man von einer Definition der Temperatur entfernt war, und wie schwer es war, zu sagen, ob ein Körper gleiche oder höhere

Temperatur hatte als ein anderer, da dem Sinneseindrucke nach bald der eine, bald der andere wärmer erschien.

Obwohl in der Zeit von Aristoteles bis ins 16. Jahrhundert auch einige neue Kenntnisse besonders auf dem Gebiete der Kältemischungen hinzu erworben wurden, standen doch die unfruchtbarsten Spekulationen über das Wesen der Wärme, deren einfachste Gesetze noch unbekannt waren, im Vordergrund. Ein wirklicher Fortschritt ist erst zu verzeichnen, als das erste Wärmemeßinstrument erfunden war.

Die Geschichte der ersten Entstehung des Thermometers ist reich an interessanten Einzelheiten. Indessen sind die wesentlichsten Punkte durch Burekhardt und Wohlwill festgelegt. Danach muß man annehmen, daß die Kenntnis von der Ausdehnung der Luft durch Erwärmung schon aus dem Altertum (Philo und Heron) überliefert war und im Beginn des 17. Jahrhunderts zur Herstellung von Apparaten verwandt wurde, die vorwiegend physikalischen Spekulationen und Kunststücken dienten. Galilei scheint jedoch (um 1600) der erste gewesen zu sein, der erkannte, daß man sie auch zur Messung von Temperaturen gebrauchen konnte³⁾. Allen diesen ersten Instrumenten gemeinsam ist die Anordnung, daß eine abgeschlossene Luftmenge auf die eine Seite einer Flüssigkeitssäule wirkte, deren andere Seite dem Atmosphärendruck ausgesetzt war. Als die Abhängigkeit vom Luftdruck erkannt war, schloß man die offene Seite und erhielt so eine Art Differentialluftthermometer, das jedoch ebenfalls ziemlich mangelhaft blieb. Den wichtigen Schritt zum Flüssigkeitsthermometer scheint zum ersten Male (1631) der französische Arzt Jean Rey gemacht zu haben. Ihn nennt die Verf. nicht, und doch sollte sein Namen in einer Geschichte der Thermometrie nicht fehlen, wenn auch sein Gedanke allem Anschein nach ohne Einfluß auf die Entwicklung geblieben ist, und sein Instrument durch die sehr viel vollkommeneren Thermometer der Florentiner Akademie bald in Schatten gestellt wurde.

Mit großem Interesse verfolgen wir die Darstellung der allmählich erwachenden Kritik der Apparate: Boyles Untersuchungen, die besonders auch die Unsicherheit der Sinneswahrnehmungen erkennen lassen, und seine ersten Versuche, eine allgemein gültige Skale

³⁾ Über den Anteil des Venetianers Santorio an der Erfindung vgl. d. Zeitschr. 16, 304.

herzustellen; Halleys kritische Betrachtungen über die Brauchbarkeit der verschiedenen Flüssigkeiten, die ihm das Quecksilber als besonders empfehlenswert erscheinen lassen, eine Anregung, die einige Jahre später (1710) von Fahrenheit aufgenommen wird.

Die Bedeutung Fahrenheits für die Herstellung guter, insbesondere untereinander gut übereinstimmender Thermometer ist allgemein bekannt. Als seine Verdienste gelten: die Benutzung fester Punkte bei der Festlegung der Skale und die Einteilung der Skale in gleiche Raunteile. Aus einzelnen Bemerkungen in der Literatur des 17. Jahrhunderts ersah nun die Verf., daß auch Ole Römer sich mit der Konstruktion von Thermometern beschäftigt und daß zwischen ihm und Fahrenheit ein gewisser Zusammenhang bestanden hatte⁴⁾. Die weiteren Nachforschungen führten zu der Auffindung des Manuskripts der Römerschen „Adversaria“ in der Kopenhagener Universitätsbibliothek. Aus ihnen ging hervor, daß Römer bereits im Jahre 1702, also vor Fahrenheit, im Besitze der Methoden zur Herstellung guter Quecksilberthermometer gewesen ist. Er ist offenbar der erste, der Thermometer mit den zwei festen Punkten, der Temperatur von Tauschnee (*nix sine gelu et calore*) und dem Siedepunkt des Wassers, und mit der Einteilung der Röhre in gleiche Raunteile konstruiert hat. Dabei benutzt er sogar eine Methode der Kalibration der Röhre mit Hilfe eines Quecksilbertropfens und korrigiert die Einteilung nach den Kaliberfehlern. Der Verf. gelingt nun der Nachweis, daß Fahrenheit seine Methode der Herstellung der Thermometer von Römer entlehnt hat, und daß er erst dadurch in den Stand gesetzt wurde, seinen Thermometern die hohe Vollkommenheit zu geben, die allgemein bewundert wurde.

Nachdem das Thermometer in den Händen Fahrenheits zu einem zuverlässigen Meßinstrument geworden war, hilft es, die alte Frage nach dem Wesen der Wärme von neuem und nunmehr experimentell in Angriff zu nehmen. Für die Entwicklung des Temperaturbegriffs ist von besonderer Bedeutung die

Frage: Was haben gleiche Temperaturzuwächse zu bedeuten, und wie hängen sie mit den zugeführten Wärmemengen zusammen? Zur Herstellung einer rationellen Einteilung der Thermometer, bei der gleichen Graden gleiche zugeführte Wärmemengen entsprechen sollten, bestanden bereits verschiedene Vorschläge, z. B. der, Zwischentemperaturen zwischen 0° und 100° durch Mischen bestimmter Mengen warmen und kalten Wassers zu gewinnen. Die Erkenntnis, daß hierin die nicht gerechtfertigte Voraussetzung von der Konstanz der Wärmekapazität des Wassers liegt, verdanken wir Black. Es kann also dieser Graduierung kein Vorzug vor jeder anderen zugestanden werden, und zwar um so weniger, als nach der Auffindung der latenten Schmelzwärme überhaupt kein einfacher Zusammenhang zwischen Temperaturerhöhung und zugeführter Wärme zu erwarten war. Der Versuch, auf diesem Wege zu einer rationellen Temperaturskale zu kommen, mußte also aussichtslos erscheinen.

Man wandte sich deshalb wieder dem Luftthermometer zu, das bereits durch Amontons (1702) wesentlich vervollkommenet war und besonders einfache Gesetzmäßigkeiten gezeigt hatte. Der von ihm gemachte Vorschlag, es als Normalthermometer zu benutzen, wird von neuem von Lambert (1779) und Dulong und Petit (1815) aufgenommen, deren Arbeiten die erste Grundlage für die noch heute gültige gastermometrische Skale bilden.

An diesem Punkte bricht die historische Darstellung ab, und man kann hinzufügen: leider; denn die Entwicklung des Temperaturbegriffs im 19. Jahrhundert würde gewiß einem allgemeinen Interesse begegnen.

In einem Schlußkapitel, betitelt „Absolute Temperatur“, werden zunächst die Voraussetzungen diskutiert, von denen man ausgehen muß, um den Begriff der Temperatur definieren zu können. Über diesen Punkt hat die Verf. in dieser Zeitschrift, Bd. XXIII (1910), S. 162, selbst berichtet. Sodann folgt eine Darstellung der wichtigsten Grundlagen für die absolute Temperatur und zum Schluß eine Betrachtung über den Zusammenhang der Theorie der übereinstimmenden Zustände mit dem Begriff der absoluten Temperatur. Auch dieser Teil ist bereits gesondert erschienen. [Zeitschr. phys. Chem. LXXI (1910), S. 325 f.]

Hjfm.

⁴⁾ Vgl. „Ole Römer und das Thermometer.“ Archiv f. d. Gesch. der Naturw. u. d. Technik 2 (1910), S. 323 f.

4. Unterricht und Methode.

Die Mathematik in den physikalischen Lehrbüchern. Von H. E. TIMERDING. Seit E. Machs „Mechanik“ und desselben Autors „Erkenntnis und Irrtum“ dürfte keine Schrift erschienen sein, die so bedeutsam für die physikalische Didaktik wäre wie die vorliegende¹⁾. Sie will in erster Reihe aus den Lehrbüchern der Physik die mathematischen Aufgaben herausheben, um durch sie dem mathematischen Unterricht leitende Gesichtspunkte zu geben; aber sie übt gleichzeitig auch Kritik an den mathematischen Methoden, die in den physikalischen Lehrbüchern für den Hochschul- wie für den Mittelschulunterricht üblich sind, und vertritt mit Entschiedenheit den Standpunkt, daß eine mathematische Darstellung entweder exakt oder gar nicht gegeben werden solle; es sei besser „überall da, wo eine korrekte Ableitung nicht möglich ist, lieber die wirklichen Verhältnisse als rein tatsächlich so einfach und anschaulich wie möglich zu beschreiben, statt durch eine trügerische Deduktion die Vorstellungen des Lernenden zu verwirren“. Den Forderungen an wissenschaftliche Strenge, die der Mathematikunterricht für seinen eigenen Betrieb stellt, darf nicht von einem anderen Fache her zuwidergehandelt werden, wenn Konsequenz und Einheitlichkeit im gesamten Unterricht gewahrt bleiben soll. „Der Schüler darf nicht an einer Stelle zu Strenge und Exaktheit ernsthaft angehalten werden, während an der anderen Stelle ihm eine bequeme Nachlässigkeit in Ausdruck und Schlußweise nicht nur erlaubt, sondern sogar vorgemacht wird.“ Es sei vielmehr von den Darstellungen der Physiklehrbücher mathematische Genauigkeit, auch im Ausdruck, zu verlangen.

In einem einleitenden Teil behandelt der Verf. zunächst die Entwicklung der Mathematik in ihrer Beziehung zur Physik. Als einzelne Stufen dieser Entwicklung werden unterschieden die Exhaustion (Archimedes), die Indivisibeln (Cavalieri), die Approximation (Huygens), die Fluxionen (Newton), die Differentiale und Integrale (Leibniz). Die Kennzeichnung dieser Entwicklung ist für das

¹⁾ Abhandlungen über den mathematischen Unterricht in Deutschland, veranlaßt durch die Internationale mathematische Unterrichtskommission, herausgegeben von F. Klein. Bd. III, Heft 2. 110 S. mit 22 Figuren im Text. Leipzig, B. G. Teubner, 1910. M 2,80.

Thema des Buches namentlich insofern wichtig, als bei der elementar-mathematischen Behandlung physikalischer Stoffe nicht selten auf die früheren Stufen dieser Entwicklung zurückgegriffen wird. Es schließt sich daran eine Übersicht über die Entwicklung des physikalischen Lehrbuchs in mathematischer Hinsicht, vom Zeitalter des Descartes an bis in die neueste Zeit. Es geht daraus namentlich hervor, wie stark das mathematische Wissenschaftsideal des siebzehnten und achtzehnten Jahrhunderts, und nicht minder dann die Mechanik von Poincot, Poisson und Duhamel den Physikunterricht in der Richtung auf einseitig mathematische Behandlung beeinflusst haben. Die letzten Ausläufer dieser Richtung waren die Lehrbücher von Beetz und Lorberg. Dann aber setzt ein gesunder Wirklichkeitssinn ein, und zugleich mit dem experimentellen Ausbau des Unterrichts vollzieht sich auch eine Umwälzung in der Fassung der Lehrbücher, in der wir noch heute begriffen sind.

Den Kern der Schrift bilden die methodischen Darlegungen (S. 29–110). Das Lehrbuch wird als ein organisches Gebilde angesehen, dessen Lebenserscheinungen sich ebenso wie die einer Pflanze erforschen lassen. Es werden die verschiedenen Tendenzen, die auf die Gestaltung des Lehrbuchs einwirken, klargelegt und andererseits auch das Prinzip der Vererbung an prägnanten Beispielen (Wurfbogen, Figur des Newtonschen Flächensatzes, Varignons Kräftezusammensetzung) erörtert. Für das Beharrungsvermögen auf diesem Gebiet charakteristisch sind auch die von s' Gravesande herstammende Regenbogenfigur mit dem Tropfen, der die ganze Breite des Bogens einnimmt, und die Wattische Niederdruckmaschine, die sich zuerst in den Büchern von Baumgartner und Fischer findet und dann z. B. durch alle Auflagen von Müller-Pouillet hindurchgeht.

Hinsichtlich der mathematischen Seite der Lehrbücher schlägt der Verf. das Verfahren ein, die Art und Weise der Behandlung einzelner physikalischer Probleme durch die gesamte Lehrbuchliteratur zu verfolgen. — Die Definition der Geschwindigkeit ist am exaktesten bei Höfler und Grimsehl gegeben, angreifbar dagegen in einigen Hochschullehrbüchern. Abzulehnen ist die kinetische Wendung des Begriffs, die das Beharrungsgesetz zu Hilfe nimmt, um die momentane Geschwindigkeit zu definieren;

beachtenswert die Bemerkung Courots, daß die Messung der Geschwindigkeit etwas anders sei als ihr Begriff, erstere geschehe durch den Differentialquotienten, der Begriff der Geschwindigkeit aber bezeichne eine Art Intensität der Bewegung, die mit jenem nicht zu identifizieren sei. — Bei den Fallgesetzen macht der Verf. darauf aufmerksam, daß der logische Zusammenhang der beiden Gesetze für die Geschwindigkeiten und für die Fallräume mathematisch verfolgt werden müsse, und daß die Beibehaltung der Ableitung dieses Zusammenhangs für die Oberstufe gerechtfertigt sei. Doch sei das Arbeiten mit der Mittelgeschwindigkeit nicht exakt, besser die graphische auf Galilei zurückgehende Darstellung. Die namentlich in älteren Lehrbüchern benutzte arithmetische Methode der Einschließung des Fallraums zwischen zwei Grenzwerten ist als elementare Integrationsmethode einwandfrei; doch hat der Verf. zu beanstanden, daß dieselbe Methode noch bei verschiedenen anderen physikalischen Problemen in der gleichen Weise durchgeführt wird, während das Prinzip der Ökonomie verlangt, daß eine solche mathematische Entwicklung nur einmal ausgeführt wird. Der Verf. empfiehlt auch, die gleichförmig beschleunigte Bewegung vorweg zu behandeln, ohne dabei speziell an die Fallbewegung zu denken [doch wäre dem entgegenzuhalten, daß gerade einer gesunden Methodik gemäß der konkrete Fall der allgemeinen Begriffsfassung vorausgehen sollte]. Wie man aus der Definition der gleichförmig beschleunigten Bewegung das Gesetz für die in gleichen Zeiten durchlaufenen Strecken an der Hand einer graphischen Darstellung finden kann, zeigt der Verf. in einer Ableitung, die zwar elementar, aber doch wohl besser durch eine elementare Differentiation des Ausdrucks $s = at^2$ zu ersetzen ist. — In dem Abschnitt über das mathematische Pendel wird Schellbachs Ableitung der genauen Pendelformel besonders kritisch erörtert; das von Reis für die angenäherte Pendelformel angegebene Verfahren wird als ein originelles und methodisch bedeutsames anerkannt, die bloße Plausibelmachung bei Lommel dagegen abgelehnt. „Alles bloß Plausible birgt ein Sophisma in sich, zwingende Kraft hat nur der strenge logische Schluß.“ — Beim Schwerpunkt und den Trägheitsmomenten sind die Schwierigkeiten, die sich aus der Vermeidung der Infinitesimalrechnung ergeben, besonders auffällig. Bei den Trägheitsmomenten herrscht noch heute die Huygenssche

Darstellung, die an das physische Pendel anknüpft und in ihrer klassischen Einfachheit nicht zu übertreffen ist. „Sie ist aber in den elementaren Lehrbüchern fast überall ohne jeden erläuternden Zusatz, der von ihr zu einem kontinuierlichen Körper hinführt, gegeben worden.“ Der Verf. tadelt besonders, daß die Schreibweise Σmr^2 ohne ernste Prüfung und Erklärung in die neueren Darstellungen übernommen sei, obwohl sie nur für ein diskretes Massensystem Sinn habe. — Bei der barometrischen Höhenmessung sei das Hineinspielen des Unendlichkleinen nur scheinbar und leicht zu vermeiden. Auch die Annahme, daß die Dichtigkeit innerhalb eines Kubikmeters der Atmosphäre konstant sei, sei keineswegs notwendig. Der Verf. empfiehlt einen Gedankengang, der sich ähnlich in Höflers Physik S. 46 und Leitaufgabe 124 findet. Er betont auch die interessante Beziehung zum Grundgedanken der Logarithmenentdeckung, auf die von hier aus ein in methodischer Hinsicht willkommenes Licht fällt. — Bei der Wellentheorie nimmt der Verf. besonders Anstoß daran, daß in der populären Darstellung der Lichtstrahl als eine geradlinige Reihe von schwingenden Ätherteilchen erscheint. Eine solche Auffassung sei schon vom Standpunkt der elastischen Lichttheorie nicht zu behaupten, im Sinn der heute herrschenden elektromagnetischen Theorie aber ganz unmöglich; eine anschauliche Darstellung lasse sich dagegen geben, wenn man die in einem Punkte des Feldes wirksame elektrische oder magnetische Kraft durch einen Vektor darstelle. Es sei durchaus die Auffassung zu vermeiden, als bestände das Licht aus einfachen hin- und hergehenden Bewegungen der Ätherteilchen.

Im weiteren bespricht der Verf. den Einfluß der Fernwirkungs- und Feldwirkungstheorien auf die mathematischen Methoden, wobei besonders die Unklarheiten in der Behandlung der Kraftlinien erörtert werden. Auch über die Zeichnungen in den Physiklehrbüchern wird eine Reihe von Leitsätzen aufgestellt, und es werden die in den letzten Jahren in dieser Richtung gemachten Fortschritte anerkannt. „Das Verständnis für die Bedeutung genau gezeichneter Beispiele, die unsere größten Physiker mit außerordentlicher Liebe und Sorgfalt ausgeführt haben, und die immer mehr geben als eine flüchtige Skizze oder gar die bloße Schilderung in Worten, bricht sich erst allmählich Bahn. Die Ausführung solcher Zeichnungen ist eine vortreffliche Aufgabe für das

geometrische Zeichnen auf der Schule, und es wäre auch die Veröffentlichung neuer Darstellungen, vor allem in den didaktischen Zeitschriften, mit Freude zu begrüßen.“ Im Zusammenhang hiermit wird auch der Wert der Diagramme hervorgehoben; unter den Schullehrbüchern habe vielleicht am gründlichsten Grimsehl die Indikatordiagramme in theoretischer und technischer Beziehung behandelt. Weniger günstig äußert sich der Verf. über die bekannte von Ewing stammende Hysteresisfigur, die ohne gleichzeitige graphische Behandlung des Arbeitsausdrucks in der Luft schwebt.

Endlich wird in den Schlußparagrafen noch auf die verschiedenen Behandlungsarten des Unendlichkleinen in den Lehrbüchern von allgemeinen Gesichtspunkten eingegangen. In betreff der geometrischen Auffassungen des Unendlichkleinen sind eine kritische und eine dogmatische Auffassung zu unterscheiden. Die erste spricht von einer erlaubten und zweckmäßigen Approximation, die zweite behauptet die tatsächliche Zusammensetzung unendlich vieler und unendlich kleiner Elemente. Beide Auffassungen finden sich, oft vermischt oder nur unklar unterschieden, in den Lehrbüchern. Die letztere Art, sofern sie nur wie bei Höfler in der Leibnizschen Vorstellung vom Infinitesimalen wurzelt, läßt der Verf. gelten, trotz aller erkenntnistheoretischen Bedenken, die man dagegen haben mag. Anfechtbarer erscheinen ihm die approximativen Behandlungsarten, wie sie von Mach, Lommel, Müller-Pouillet, Koppe-Husmann vertreten werden. Im übrigen stecke in der Frage der wissenschaftlichen Geltung der Approximation ein Problem, das neuerdings erst von Klein wieder in den Vordergrund gerückt sei, ohne daß jedoch dessen Ideen bisher auf günstigen Boden gefallen seien. Die geometrischen Approximationen, die für die Physik in Betracht kommen, lassen sich übrigens auf wenige von dem Verf. zusammengestellte Sätze zurückführen. — Bei der Frage der analytischen Ersatzmittel der Infinitesimalrechnung wird namentlich der Gebrauch der Zeichen Σ und Δ untersucht, die mathematischen Schwierigkeiten, die sich hier ergeben, werden dargelegt und die These aufgestellt: „Kein Differentialsymbol oder das

richtige.“ — Von anderweitigen elementaren Behandlungen kommt die der Zentripetalkraft zur Sprache, wobei insbesondere die Zusammensetzung der Kreisbewegung aus einer gleichförmigen Tangential- und Normalgeschwindigkeit abgelehnt und die Einführung einer Normalkomponente der Geschwindigkeit als „grundsätzlich verkehrt und unzulässig“ bezeichnet wird; elementar und doch streng dagegen sei die von Maxwell herrührende Methode des Hodographen; was auch gegen diese Methode einzuwenden sei, sie wirke wie eine Erlösung gegenüber dem fürchterlichen Lehrbuchbeweis, der der äußerlichen Kürze und Einfachheit alles, Anschaulichkeit, Strenge und Konsequenz, opfere. Unter den fortschrittlichen Ansätzen in den neueren Lehrbüchern wird namentlich die konsequente Hervorhebung des Energiegedankens auch in den mathematischen Methoden hervorgehoben, dagegen fehle es noch an einer methodisch durchgearbeiteten, erschöpfenden und korrekten elementaren Darstellung der Entropie. — Die Darstellung der Infinitesimalrechnung in den Physiklehrbüchern selbst gibt zu eingehenden Erörterungen an der Hand der Lehrbücher von Riecke, Lorentz, Höfler Anlaß; eine scharfe Verurteilung erfährt die mathematische Einleitung in Wüllners Physik. — Bezüglich der Infinitesimalrechnung in der Schule gibt der Verf. dem Gedanken Ausdruck, daß nur deren Einführung in den Unterricht die Schwierigkeiten heben kann, vor die sich heute der Physikunterricht gestellt sieht; er läßt es aber dahingestellt, ob der Physikunterricht der Oberstufe sich von vornherein auf die in der Mathematik zeitig genug zu behandelnden Grundbegriffe stützen solle, oder ob er nur als tatsächlich richtig angebe, was sich streng nur auf infinitesimalem Wege ableiten lasse, und es dann dem mathematischen Unterricht überlasse, die in der Physik vorgekommenen infinitesimalen Begriffe zu klären und die fehlenden Ableitungen nachzutragen.

Aus der hier gegebenen Übersicht wird zu ersehen sein, daß es für jeden Physiklehrer von der größten Wichtigkeit sein dürfte, von dem Inhalt des Buches nähere Kenntnis zu nehmen.

P.

5. Technik und mechanische Praxis.

Eine neue Quecksilberluftpumpe D. R. P. und ein neues Vakuummeter D. R. P. Von Dr. U. v. REDEN in Franzburg bei Gehrden bei Hannover. Die verschiedenen Verwendungen

des Hochvakuums bei der Herstellung von Röntgenapparaten, Metallfadenglühlampen, Aneroidbarometern, Dewarschen Gefäßen, Lichtmühlen usw. sowie für die Hochvakuum-

destillation ließen es bei den oft als unzulänglich befundenen Methoden zur Herstellung des Hochvakuums als eine dankbare Aufgabe erscheinen, sich mit der Konstruktion einer zweckmäßigen Hochvakuumluftpumpe und der Verbesserung des Vakuummeters zu beschäftigen.

Vor allem sollte die im folgenden beschriebene Luftpumpe die Eigenschaft besitzen, wegen der bei der Hochvakuumdestillation leicht möglichen Verschmutzung der Pumpe, sich leicht reinigen und handhaben zu lassen und die bei chemischen Operationen in Frage kommenden Destillationsgefäße in ausreichender Geschwindigkeit zu evakuieren.

Die zu beschreibende Luftpumpe besitzt nun die gewünschten Eigenschaften für die Hochvakuumdestillation und hat daher in chemischen Laboratorien Beifall und vielfache Verwendung gefunden. — Da die Verschmutzung der Luftpumpen jedoch auch bei der Metallfaden-
glühlampenfabrikation auftritt, so wird die neue Luftpumpe auch hier sowie in physikalischen Laboratorien wegen der Erreichbarkeit höchster Vakua und ihrer schnellen Wirkung wegen verwendet.

Die in Fig. 1 dargestellte Quecksilberluftpumpe besteht nach Fig. 2 und 3 im wesentlichen aus dem an beiden Seiten mit S-förmig gebogenen Rohren *b* und in der Mitte mit einem geraden Rohr *c* versehenen, etwa zur Hälfte mit Quecksilber (schraffiert dargestellt) gefülltem Rohr *r*, welches in Fig. 2 in etwa $\frac{1}{4}$ natürlicher Größe dargestellt ist. Die S-Rohre *b* gehen an beiden Seiten in Rohrerweiterungen *f* über, die durch Schläuche und ein T-Rohr *t* und einen Schlauch *i* mit der Wasserstrahlluftpumpe *w* verbunden sind, während die Verbindung des geraden Rohres *c* mit dem zu evakuierenden Raum *d* durch einen Schlauch *p* angedeutet ist. Der ganze Apparat ist um den Punkt *a* drehbar.

Wird der Apparat und der zu evakuierende Raum *d* mit der Wasserstrahlluftpumpe *w* in der Stellung der Fig. 2 zunächst z. B. bis auf 12–15 mm vorevakuert, und dann in andauernde schwingende Bewegung versetzt,

aus der Lage der Fig. 2 in die Lage der Fig. 3 und wieder zurück usw., so wirkt das in den S-Rohren *b* verbleibende Quecksilber wie ein Druckventil, den das Zurücktreten der Luft aus den Rohrerweiterungen *f* in das Rohr *r*, während in der Stellung der Fig. 3 bzw. 2 die aus dem Gefäß *d* in beiden Stellungen durch *c* nachströmende Luft von dem Quecksilber durch das links bzw. rechts befindliche S-Rohr hindurch zu den Rohrerweiterungen *f* getrieben wird, von wo

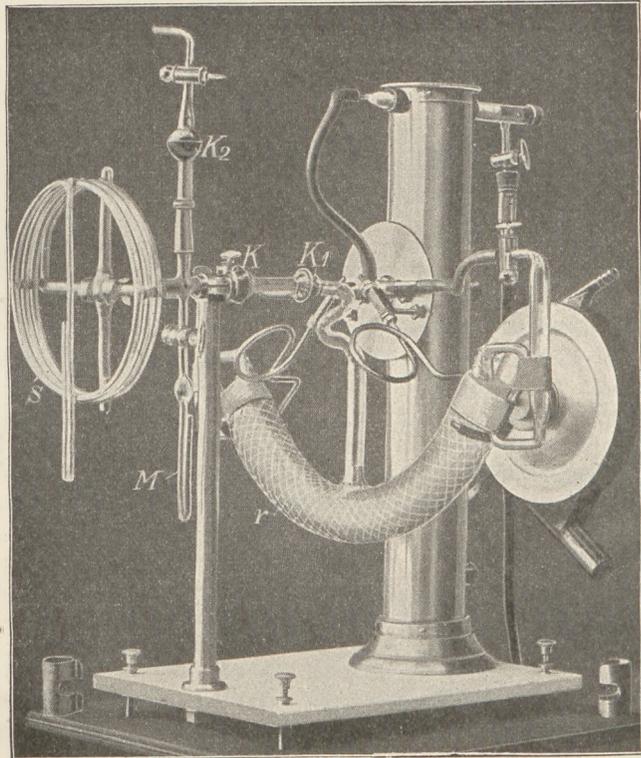


Fig. 1.

aus sie durch die Wasserstrahlluftpumpe entfernt wird. Statt der wegen ihrer Porosität unbrauchbaren Schlauchverbindung *p* wird jedoch in Wirklichkeit eine Verbindung durch eigens zu diesem Zweck hergestellte Kugelglasschliffe *K* und *K*₁ (Fig. 1 und Fig. 4) angewendet. Die Kugelglasschliffe werden gebildet aus einer durchbohrten Glaskugel, die in eine halbkugelförmige Kugelschale sorgfältig eingeschliffen ist. Kugel und Schale werden ev. durch metallene Halbfedern zusammengehalten, die in Fig. 1, rechts und links neben dem Apparate stehend, sichtbar sind. Fig. 1 zeigt rechts eine Turbine, die durch eine Schnur auf eine Schnurscheibe einwirkt, von der aus durch Räderwerk und Kurbeln

das Rohr r in schwingende Bewegung gesetzt wird.

Die Kugelglasschliffe K und K_1 führen zu einem Glasteil Fig. 4, der unten ein kurz-schenkliges Manometer M trägt und links einen Mantelkonus, in den das Spiralevakuummeter S

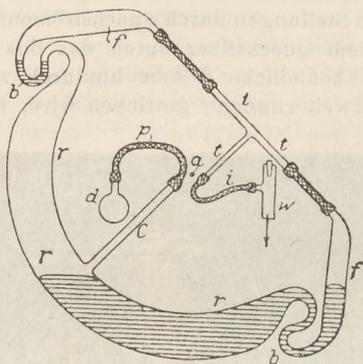


Fig. 2.

gesteckt wird. Nach oben läuft der Manometerglasteil in einen Kernkonus aus, über den ein bei z aufgeblasener Mantelkonus gesteckt wird, der oben den Kugelschliff K_2 trägt. Letzterer wird durch eine in Fig. 4 punktiert angedeutete und in Fig. 1 in ihren beiden Bestandteilen sichtbare Doppelklammer aus Messing D. R. G. M. zusammengehalten

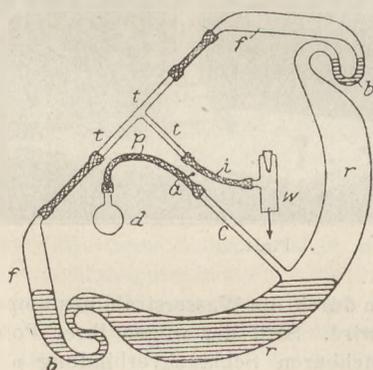


Fig. 3.

und führt durch den Hahn x zu den zu evakuierenden Räumen. Die Aufblasung bei z hat den Zweck, etwa von dem Kugelschliff K_2 herabgeflossenes Öl zurückzuhalten.

Ein 500 ccm enthaltender Kolben wird von dieser Pumpe nach möglichst vollkommener Vorevakuierung mit der Wasserstrahlluftpumpe in etwa 3 Minuten auf $\frac{1}{100}$ mm Quecksilbersäule entleert, in 4 Minuten auf $\frac{1}{1000}$ mm, in 5 Minuten auf $\frac{1}{10000}$ mm, in 13 Minuten bis auf $\frac{1}{100000}$ mm, wenn die Touren-

zahl der unteren Triebkurbel 6 ganze Umdrehungen in der Minute beträgt. Einer Mitteilung der Physikalisch-Technischen Reichsanstalt zufolge (vgl. *Zeitschr. für Instrumentenkunde*, Jahrgang 1909, Heft 2 Seite 48) ist das Fortschreiten des Vakuums in einem 6 Liter

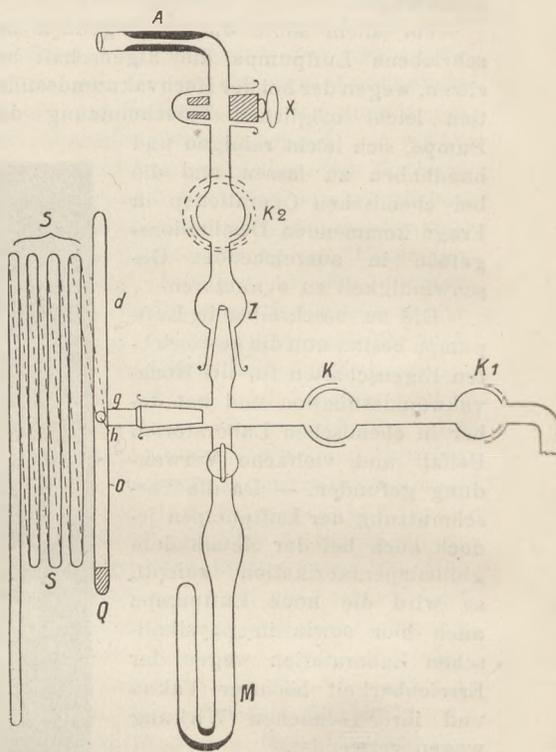


Fig. 4.

fassenden Raum vom Wasserstrahlluftpumpenvakuum ausgehend aus beistehender Tabelle ersichtlich, wenn das schwingende Rohr 10 bis 12 halbe Hübe pro Minute ausführte.

Zeit in Minuten	Druck in mm
0	etwa 15
35	0,0324
45	0,0105
55	0 003 03
65	0,00094
75	0,00042
85	0,00017
95	0,00007
105	0,00004
115	0,00003
125	0,00002

Die höchsten Vakua werden auch von dieser ebenso wie von anderen Luftpumpen nach deren Außerbetriebsetzung nicht dauernd gehalten. Zum Versuche wurde die Luftpumpe, nachdem ein 500 ccm-Kolben bis auf $\frac{1}{100000}$ mm evakuiert war, mit dem an-

geschlossenen Kolben sich selbst 16 Stunden überlassen. In dieser Zeit sank das Vakuum bis auf $10 \times 26:100000 = \frac{26}{100000}$ mm.

Die Luftpumpe könnte allenfalls zum Sammeln geringer Gasmengen benutzt werden, da man die in dem Rezipienten entstehenden oder in denselben z. B. durch poröse Materialien gelangenden Gase in die Vorvakua *f* hineinpumpen kann, die vorher von Luft vollkommen befreit werden können, indem man in äußerster Schrägstellung des Pumpenkörpers das Quecksilber hineinfließen läßt und dann die Hähne schließt, welche die Vorvakua absperrn. Ließe man die Vorvakua *f* hinter den Vorvakuumhähnen in Glasschliffe endigen, auf welche beiderseits mit Hähnen versehene Glasrohre aufzusetzen wären, die von einer anderen Luftpumpe zu evakuieren wären, so könnten die gesammelten Gase auch abgehoben werden.

Die Einfachheit der Konstruktion der beschriebenen Luftpumpe birgt verschiedene Vorteile in sich, z. B. den der leichten Reinigung, der für die Zwecke der Hochvakuumdestillation wegen der möglichen Verschmutzung der Pumpe durch eingedrungene Dämpfe in Betracht zu ziehen ist. Die Verwendung von Kugelglasschliffen gestattet eine bequeme Verbindung der zu evakuierenden Räume mit der Luftpumpe unter Vermeidung von Kautschukschläuchen. Bei der Fabrikation von Metallfadenglühlampen wird an Stelle der Wasserstrahl Luftpumpe zuerst eine größere Kolbenluftpumpe und dann eine Geryk-Ölpumpe verwendet; zuletzt wird die Quecksilberluftpumpe angeschlossen. Auf diese Weise lassen sich 8 Osramlampen, (Fig. 5) sehr schnell von Luft entleeren, indem man nacheinander die drei Hähne *u*, *q*, *x* öffnet, die zu diesen drei verschiedenen Luftpumpen führen. —

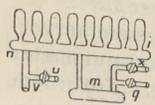


Fig. 5.

Bei der Hochvakuumdestillation befindet sich die zu destillierende Flüssigkeit in einem Kolben *K* (Fig. 6) der oben durch einen Glasschliff verschlossen ist, an dem ein abgekürztes Thermometer *T* hängt. Zur Verhinderung des Siedeverzuges befindet sich in dem Kolben *K* ein unten zu einer sehr feinen Kapillare ausgezogenes, oben zugeschmolzenes, mit Luft gefülltes Rohr *L*.

Der Kolben *K* besitzt einen bauchigen Ansatz *B*, der mit der durch flüssige Luft gekühlten Vorlage *V* durch einen Glasschliff verbunden ist. Die flüssige Luft befindet sich in dem doppelwandigen Dawarschen Ge-

fäß *D* und ist hier schraffiert angedeutet. Das Ansatzrohr *R* der Vorlage *V* führt durch Glasschliff zur Hochvakuum Luftpumpe. — Nach fast völliger Entfernung aller Luft aus dem Kolben *K* und der Vorlage *V* sinkt der Siedepunkt der zu destillierenden Substanz um annähernd 200°. Hierdurch wird es möglich, Substanzen ohne Zersetzung in Dampfform überzuführen, um sie in dem bauchigen Ansatz *B* als feste oder flüssige

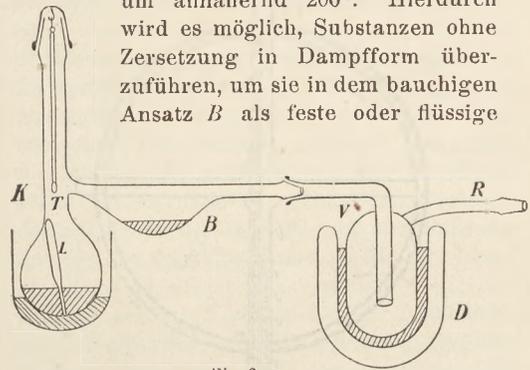


Fig. 6.

Substanz wiederzugewinnen, während die Kühlung mit flüssiger Luft den Zweck hat, Dämpfe zu kondensieren, die sich in *B* nicht verdichten und die Höhe des Vakuums beim Fehlen der Kühlung mit flüssiger Luft beeinträchtigen würden.

Fig. 4 zeigt schließlich noch bei *x* den bei dieser Luftpumpe ausschließlich angewendeten neuen Hochvakuumglashahn D. R. G. M. mit links geschlossenem Hohlkonus und T-förmiger Bohrung des Kernkonus. Derselbe hat sich sehr bewährt wegen seiner sehr zuverlässigen Dichthaltung, da von links her überhaupt keine Luft mehr eindringen kann, während der äußere Luftdruck den Kernkonus stets fest in den Hohlkonus preßt, wogegen bei einem gewöhnlichen Glashahn der Kernkonus nur lose in dem Hohlkonus sitzt.

Das Spiralevakuummeter ist in Fig. 4 in Seitenansicht, in Fig. 7 in Vorderansicht dargestellt. Fig. 7 zeigt ein Rohrkreuz *b d h o*, gegen welches die Glasrohrspirale gegenmontiert ist. In dem Rohr *o* Fig. 4 ist unten eine geringe Quecksilbermenge *Q* durch Schraffierung angedeutet. Das Rohrkreuz *b d h o* Fig. 4 sitzt auf einem Normalschliff *g* Fig. 4 (Normalschliffe sind stets mit demselben Konuswinkel geschliffen).

Wird die Spirale um die Achse des Normalschliffes *g* in der Richtung des Pfeiles *p* Fig. 7 gedreht, so gelangt eine geringe Quecksilbermenge *Q* in die Glasrohrspirale und komprimiert in ihr die verdünnte Luft, bis sie nach mehrfachen Umdrehungen in das U-Rohr *C* Fig. 7 gelangt und hierin z. B. den

dort durch Schraffierung dargestellten Stand einnimmt. Der linke Schenkel des U-Rohres ist so eingeteilt, daß die Teilstriche 1, 2, 3 usw. bis 9 ein Tausendstel, zwei Tausendstel usw. bis neun Tausendstel des Gesamthaltendes

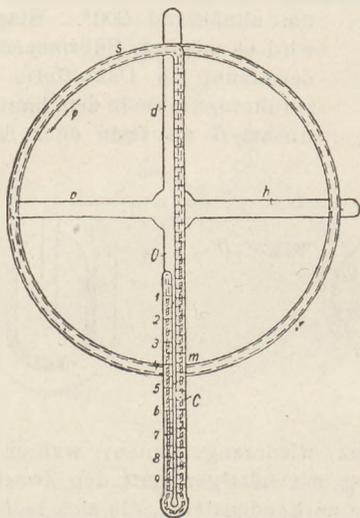


Fig. 7.

des U-Rohres und der Spirale auf dem Kapillarrohr nach oben hin abteilen; der rechte Schenkel des U-Rohres hat mm-Teilung. In dem vorliegenden Fall ist die verdünnte Luft aus der Spirale bis auf den Teilstrich „1“,

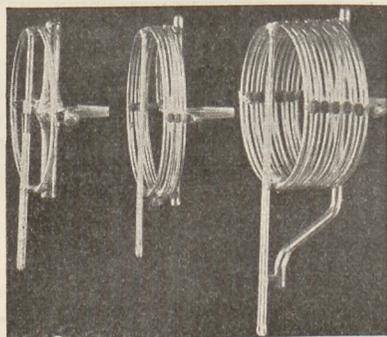


Fig. 8.

also bis auf $\frac{1}{1000}$ des früheren Volumens, komprimiert. Im rechten Schenkel des U-Rohres steht das Quecksilber 34 mm höher. Da jedoch der Luftdruck in den zu evakuierenden Räumen $\frac{1}{1000}$ des abgelesenen be-

trägt, so hatte man in den zu evakuierenden Räumen einen Luftdruck von $\frac{3}{1000}$ mm.

Das abgebildete Vakuummeter zeigt Vakua an bis $\frac{1}{10000}$ mm. Das Spiralevakuummeter, mit welchem das Vakuum von $\frac{1}{100000}$ mm gemessen wurde, unterscheidet sich von dem abgebildeten jedoch nur durch eine inhaltreichere Spirale und ein U-Rohr mit geringerer lichter Weite. Fig. 8 zeigt dieses mit 6 Spiralwindungen versehene Vakuummeter an der rechten Seite. Fig. 8 zeigt außerdem in der Mitte das mit drei Spiralwindungen versehene Vakuummeter, welches Vakua bis zu $\frac{1}{10000}$ mißt und links ein drittes, mit einer Spiralwindung versehenes Vakuummeter, welches nur Vakua bis zu $\frac{1}{1000}$ mm mißt, und welches verwendet wird, wenn keine höheren Vakua benutzt werden.

Das neue Vakuummeter besitzt dem Mac Leodschen Vakuummeter gegenüber verschiedene Vorzüge, und zwar in erster Linie den der größeren Genauigkeit der Messungen höchster Vakua. Die Quecksilbermenge des Mac Leodschen Vakuummeters ist nämlich eine so beträchtliche, daß die Spannung der äußerst verdünnten Luft nicht mehr hinreicht, um die Reibung zu überwinden, welche die schwere Quecksilbermenge verursacht. Daher folgt das Quecksilber im kapillaren Meßrohr des Mac Leodschen Vakuummeters beim Heben des Quecksilber-Standgefäßes nur noch sprungweise, weshalb die Genauigkeit der Messung höherer Vakua durch das Mac Leodsche Vakuummeter beeinträchtigt erscheint.

Die Quecksilbermenge des Spiralevakuummeters kann dagegen etwa $\frac{1}{100}$ derjenigen des Mac Leodschen betragen, wodurch der durch die Reibung im Meßrohrsystem hervorgerufene Fehler beim Spiralevakuummeter außerordentlich verringert wird. Außerdem besitzt das Spiralevakuummeter den Vorzug, sich leicht an jeder Hochvakuumluftpumpe auf einem Normalglasschliff, also ohne Schlauch- oder Bleirohrverbindung, anbringen zu lassen. Schließlich zeichnet es sich durch den geringen eingenommenen Raum und durch sein geringes Gewicht aus. Die Reinigung dieses Spiralevakuummeters ist nach einer in der Gebrauchsanweisung mitgeteilten, zuerst von Herrn Professor Thiele-Sträßburg angewendeten Methode leicht zu bewerkstelligen.

U. v. R.

Neu erschienene Bücher und Schriften.

Wilhelm Olbers, sein Leben und seine Werke. II. Band. Briefwechsel zwischen Olbers und Gauß. Zweite Abteilung. Zum Druck gegeben von C. Schilling und J. Kramer. Berlin, Julius Springer, 1909. 758 S. M 16,—.

Ein inhaltreicher wissenschaftlicher Briefwechsel, dem auch das persönliche Element nicht fehlt, breitet sich vor uns in diesen Bänden aus. Den Hauptanteil an dem Inhalt haben neben der reinen Mathematik die Astronomie und die Geodäsie. Aber auch vieles physikalisch Interessante findet sich dazwischen; so Erörterungen über Fernrohre, über Erdmagnetismus, über Photometrie, über die Erfindung des elektromagnetischen Telegraphen, wobei Gauß (20. Nov. 1833) sagt: „Ich bin überzeugt, daß unter Anwendung von hinlänglich starken Drähten auf diese Weise auf einen Schlag von Göttingen nach Hannover oder von Hannover nach Bremen telegraphiert werden könnte“, und Olbers (3. Dez. 1833) vorschlägt, dicke Drähte unterirdisch in Glasröhren einzuschließen. Von Jacobis elektromagnetisch betriebenen Boot sagt Olbers (2. April 1839): „Ich sollte doch denken, daß sich eine Kraft auch nur von dieser Größe zu manchen nützlichen Zwecken anwenden lasse.“ Dem Historiker der Mathematik und Physik bieten diese Briefe eine Fülle anregenden und interessanten Materials.
P.

Die Schule der Physik. Besonders für das Selbststudium verfaßt von Dr. Arthur von Oettingen, Prof. ord. hon. an der Universität Leipzig. Mit 454 in den Text eingedruckten Abbildungen und einer farbigen Tafel. Braunschweig, Friedr. Vieweg u. Sohn 1910. 622 S. M 10,—, geb. M 11,50.

Das Buch ist nach einem ähnlichen Plan wie Ostwalds Schule der Chemie verfaßt. Es wendet sich jedoch nicht an den noch völlig ununterrichteten Schüler, sondern an einen solchen, der bereits einen Lehrgang der Physik durchgemacht hat und der überdies das Ideal eines Schülers vorstellt: er ist begabt, wißbegierig, fleißig, prägt sich alles einmal Erfaste nachhaltig ein, unterscheidet das Wesentliche vom Unwesentlichen, „fürchtet sich auch vor der Algebra nicht“ usf. Unter dieser Voraussetzung ist die dialogische Behandlung geführt, die wenig mehr mit einem Unterricht gewöhnlicher Art gemein hat, sondern mehr an Unterredungen nach Art

der Galileischen Discorsi erinnert. Es ist interessant, den Stoff einmal in dieser Form dargestellt zu sehen; manche Partien gewinnen dadurch eine außerordentliche Frische, so besonders die Anfangskapitel; andere wieder erweisen sich gegen diese Behandlung etwas zu spröde, es ist dann die Darstellung nicht wesentlich von der eines Lehrbuchs verschieden. Die Methode des Verf. zielt auch weniger auf eine Herleitung der physikalischen Erkenntnisse ab, als auf ein Dozieren der physikalischen Begriffe, auf eine Verdeutlichung des Begriffssystems der Physik. Interessant ist in dieser Hinsicht, wie gleich im Anfang an der Konstante einer mathematischen Proportion die Bildung neuer Begriffe (z. B. s/t aus $s:s' = t:t'$) auseinandergesetzt wird. Auch neue Bezeichnungen, nicht nur Cel und Gal¹⁾, sondern Kar (qcm), Kab (ccm), Grammogal (Dyne) u. dgl. m. werden benutzt. Auf Schärfe der Begriffsfassung wird besonders Wert gelegt; so wird z. B. nicht Gleichheit von Wirkung und Gegenwirkung, sondern Gleichheit von Kraft und Gegenkraft als Ausdruck des 3. Newtonschen Gesetzes gewählt; auch stellt der Verf. fest, daß es falsch sei, zu sagen, die Fliehkraft werde von der Zentralkraft geweckt. Eigenartig ist in der Lehre vom Schall die ausführliche Behandlung der Harmonielehre, in der Optik ein umfangreicher Abschnitt projektiver Dioptrik, in der Elektrizitätslehre die Fundierung auf die Elektronentheorie und die eingehendere Darstellung der Lösungstheorie auf Grund der Osmose. Das Buch wird dem Studierenden wie auch dem Lehrer der Physik mannigfache Belehrung bieten.
P.

Leitfaden zum elektrotechnischen Praktikum.

Von Dr. G. Brion, Privatdozent an der Technischen Hochschule zu Dresden. Mit 380 Fig. im Text. Leipzig und Berlin, B. G. Teubner, 1910. XIV und 404 S.

Daß Laboratoriumsübungen für die Beherrschung der Probleme der Elektrizität und Elektrotechnik die Grundlage bilden, wird allgemein anerkannt; dem Verf. des vorliegenden Buches ist man daher Dank schuldig für die Zusammenstellung und Sammlung dieser auf dem Elektrotechnischen Institut der Dresdener Hochschule von einer großen Zahl

¹⁾ Höfler hat vor längerer Zeit Cel und Accel vorgeschlagen.

von Dozenten und Assistenten ausgearbeiteten und ausprobierten Aufgaben. Die Aufgaben sind teils physikalische, teils technische; jene sind nur insofern behandelt, als sie in Beziehung zur Elektrotechnik stehen. Die folgende Übersicht der Kapitelüberschriften gibt ein Bild vom Umfang und Inhalt der behandelten Probleme: Stromquellen in elektrotechnischen Laboratorien nebst Spannungsregulatoren. Laboratoriumseinrichtungen des Elektrotechnischen Instituts der Dresdener Hochschule. Meßinstrumente zur Messung der Stromstärke, Spannung, Leistung, Elektrizitätsmenge und elektrischen Arbeit. Messung der Stromstärke, Spannung, Leistung, Elektrizitätsmenge und elektrischen Arbeit. Widerstände und Widerstandsmessungen. Kondensatoren und Spulen. Untersuchung von Primärelementen und Akkumulatoren. Magnetische Messungen und Apparate. Wechsel- und Drehstrommessungen. Allgemeine Bemerkungen über Messungen an elektrischen Maschinen. Hilfsapparate zur Messung des Drehmomentes und der Geschwindigkeit. Gleichstrommaschinen. Wechsel- und Drehstrommaschinen. Transformatoren und Asynchronmotoren. Einankerformen. Messungen an elektrischen Lichtquellen.

Das Buch, obgleich für Elektrotechniker geschrieben, kann auch dem Lehrer der Physik als guter Ratgeber dienen, da es eine Fülle von Aufgaben enthält, die sich im physikalischen Unterricht wohl verwenden lassen.

W. Bahrdt, Großs-Lichterfelde.

Leitfaden der Physik. Von Heinrich Bohn, Professor am Dorotheenstädtischen Realgymnasium zu Berlin. Oberstufe. Leipzig, Quelle & Meyer, 1909. (Schmeils naturwissenschaftliches Unterrichtswerk.) 448 S. Geb. M 3,—.

Der Verf. bezeichnet in dem Vorwort den Zweck seines Lehrbuches: Es soll eine Ergänzung zu den praktischen Schülerübungen bilden und dem Schüler als Leitfaden für die Demonstrationsstunden dienen.

Der wissenschaftliche Inhalt des Buches ist so reichlich bemessen, daß es nicht möglich ist, ihn vollständig im Unterricht zu erschöpfen; daher schlägt der Verf. vor, der Lehrer möge aus der Fülle des Stoffes diejenigen Kapitel herausgreifen, die ihm die liebsten sind, da es „für den Schüler von geringer Bedeutung ist, an welchem Teil der Physik er beobachten und denken lernt“. Was die didaktische Seite des Buches betrifft, so ist der Einfluß des Höflerschen Physik-

Lehrbuches unverkennbar. Es beginnt nicht wie die meisten älteren Lehrbücher mit den allgemeinen Eigenschaften der Körper oder mit Messungsmethoden, sondern mit der Bewegung der Körper; in der Mechanik ist nicht die alte Trennung zwischen Statik und Dynamik gemacht; wohl aber sind Phoronomie und Dynamik voneinander unterschieden; die molekulare Mechanik ist ebenso wie bei Höfler in einem besonderen Abschnitt behandelt.

Während die Unterstufe des Verf. ausschließlich vom Versuch ausgeht, also ein rein induktives Verfahren anwendet, wechselt der Verf. in der Oberstufe mit der induktiven und deduktiven Methode ab, wobei jedoch jene überwiegt. An manchen Stellen, besonders in der Mechanik, gebraucht der Verf. beide Methoden gleichzeitig, indem ein und dasselbe Gesetz zuerst durch Versuche, dann durch mathematische Deduktion gewonnen wird. Die Stärke des Bohnschen Buches liegt in der geschickten Auswahl der Versuchsanordnungen, die größtenteils nur einfache Hilfsmittel voraussetzen; zahlreiche der von Schäffer in Jena und Schwalbe in Berlin herührenden Versuche sind im Lehrbuch verwertet worden. Wegen der geschickten Verknüpfung derartiger Versuche mit den aus ihnen folgenden Gesetzen wird das Bohnsche Buch dem Lehrer bei der Vorbereitung für den eigenen Unterricht vorzügliche Dienste leisten; Referent selbst verdankt ihm in dieser Hinsicht manche Anregung. Da das Buch den Anforderungen an Anschaulichkeit in hohem Maße gerecht wird, so wird es auch in der Hand des Schülers nutzbringend wirken.

Bei aller Anerkennung dieser guten Eigenschaften, die man, je mehr man sich mit dem Buch beschäftigt, desto zahlreicher herausfindet, muß doch auf einige Mängel hingewiesen werden. Der Verf. leitet an einigen Stellen der Mechanik die Gesetze nur empirisch, nicht auch durch mathematische Deduktion her; zwei Beispiele hierfür mögen herausgegriffen werden. Die Formel für die Schwingungsdauer eines mathematischen Pendels wird in dem Buche, wie gewöhnlich, durch Vergleich mit der harmonischen Bewegung gewonnen. Anstatt aber durch geometrische Überlegung zu zeigen, daß die beim Pendel wirkende Kraft, bzw. Beschleunigung proportional dem Abstände von der Ruhelage ist, woraus folgt, daß die Pendelbewegung eine harmonische Bewegung ist, zeigt der Verf. nur experimentell (durch den bekannten Versuch mit den zusammenfallen-

den Schattenbildern eines Kreispendels und eines gewöhnlichen Pendels) den Isochronismus beider Pendel. — Der Momentensatz über das Gleichgewicht eines um eine Achse drehbaren Körpers, an dem mehrere Kräfte angreifen, wird in dem Buche allein durch Versuche an der Drehscheibe hergeleitet; auf eine theoretische Herleitung aber aus dem Kräfteparallelogramm wird Verzicht geleistet. Daß solche rein empirischen Untersuchungen dem Schüler in das eigentliche Wesen der Gesetze keinen Einblick gestatten, weil der Zusammenhang mit anderen bereits erkannten Gesetzen fehlt, ist wohl nicht zu bestreiten.

Ein anderer Mangel des Buches liegt nach der Ansicht des Referenten in der Behandlung der Hypothesen. In einem Schulbuche sollten nur solche Hypothesen stehen, die von der Wissenschaft allgemein anerkannt werden; auch sollte niemals der Zusammenhang der Hypothesen mit den Tatsachen, d. h. die Bedeutung der Hypothesen als einfache, durch direkte Versuche nicht zu bestätigende Erklärungsarten einer Reihe von Tatsachen, außer acht gelassen werden. Daß diesen Anforderungen in dem Buche nicht immer genügt wird, mögen einige aus den §§ 47 und 87 herausgegriffene Stellen zeigen: „Wir wissen nun aus der Erfahrung, daß die Molekel sich gegenseitig anziehen, denn sie halten zusammen, die Körper besitzen Kohäsion: folglich muß zwischen den Molekeln etwas vorhanden sein, das ihre unmittelbare Berührung verhindert. Dieses Etwas ist jedenfalls ein Körper, aber wir müssen von ihm annehmen, daß er keine Masse besitzt, also gewichtlos ist, denn Masse und Gewicht sind Eigenschaften der Molekel. Diesen gewichtlosen Körper nennen wir Äther. — Die Molekel ziehen sich gegenseitig an, sie besitzen Anziehungskraft; der sie umgebende Äther verhindert nicht nur die Annäherung, er besitzt auch Abstoßungskraft.“ — „Die in § 47 aufgestellte Hypothese über die Zusammensetzung der Körper (von Ätherhüllen umgebene Molekel) können wir jetzt weiter ausbilden. Solange die Temperatur unverändert bleibt, halten sich die Anziehungskraft der Molekel und die Abstoßungskraft ihrer Ätherhüllen das Gleichgewicht. Steigt aber die Temperatur, so wächst die letztere. Dadurch werden die Molekel weiter voneinander entfernt, und die Folge davon ist, daß ihre Anziehung zugleich abnimmt.“ Die Molekular-Hypothese der Magnete wird sogar an den Anfang der Lehre vom Magnetismus gestellt.

Die Figuren des Buches scheinen alle neu und vom Verf. selbst entworfen zu sein; der hierzu aufgewendete erhebliche Arbeitsaufwand ist anzuerkennen. Vergleicht man aber die Figuren mit den Illustrationen anderer Lehrbücher, so stehen jene doch sehr gegen diese zurück. Dies liegt zum großen Teil an der unschön wirkenden allzu gleichförmigen Schraffurierung, die nach der Wischmanier ausgeübt ist (vgl. z. B. die Figuren 41, 49, 301 u. a.); perspektiv unrichtig sind die Figuren 67 und 131 gezeichnet.

Einige Stellen des Buches sind dem Referenten als verbesserungsbedürftig oder unrichtig aufgefallen: Beim Stoß unelastischer Körper (§ 50) wird die Voraussetzung gemacht, daß die Summe der Bewegungsgrößen unverändert bleibt; diese Voraussetzung ist nicht bewiesen worden. — Die Definition der Magnetpole und der Polstärke (§§ 174, 175, S. 307) ist unklar bzw. unrichtig.

Bei folgendem Satze aus der Lehre von den meteorologischen Erscheinungen fehlen einige Glieder in der Kette der Schlüsse, so daß der Satz unverständlich erscheint: „Die Erfahrung lehrt uns 1., daß die Lufttemperatur im Sonnenschein erheblich höher ist als im Schatten, und 2., daß die Temperatur mit der Höhe beständig abnimmt. Daraus schließen wir: Die Luft läßt die von der Sonne zu uns kommende Wärme ungehindert hindurch.“ —

Bei der Bestimmung des Ausdehnungskoeffizienten der Luft (S. 111) ist ein Verfahren gewählt worden, das zwar experimentell einfach ist, aber erhebliche rechnerische und theoretische Schwierigkeiten darbietet; eine ähnliche Methode, bei der die Vorzüge jenes Verfahrens beibehalten, die Nachteile aber vermieden werden, besteht darin, daß man die auf 100° erwärmte Luft eines Gasballons bis 0° oder bis zur Zimmertemperatur abkühlt und die dabei auftretende Kontraktion der Luft durch die Menge des während der Abkühlung in den Ballon strömenden Quecksilbers oder Wassers mißt.

Der durch die Figur 281 (§ 165, S. 290) dargestellte Versuch gehört in den § 166. Die Angabe im § 166, S. 294, daß bei den Beugungsbildern eines Spalts das erste und zweite Helligkeitsmaximum nur $\frac{1}{3}$ bzw. $\frac{1}{5}$ der Lichtstärke des 0°-Maximums haben, ist unrichtig.

H. Bahrdt, Groß-Lichterfelde.

Die Entwicklung der Elektrochemie in gemeinverständlicher Darstellung. Von Wilhelm Ostwald. Mit 4 Abbildungen. Leipzig, Joh. Ambr. Barth, 1910. 208 S. Einzelband der Sammlung

Wissen und Können, herausgegeben von Weinstein. M 5,60.

Das Buch ist eine gemeinverständliche, stark gekürzte Umarbeitung des großen Werkes: Elektrochemie, ihre Geschichte und Lehre, das 1896 zuerst erschienen ist. In der höchst fesselnd geschriebenen Einleitung setzt der Verf. in seiner bekannten, prägnanten Art seine Ansichten über Geschichte und die praktische Wertung ihres Studiums auseinander, wobei die kritischen Gedanken, die er in seinen „Großen Männern“ und in dem Vortrag: „Wider das Schulelend“ entwickelt hat, in scharfer Formulierung wiederkehren. Z. B. wird bei einem Vergleich der Erziehung mit dem Ackerbau das herrschende Erziehungssystem einer äußerst primitiven geistigen Stallmistwirtschaft gleichgestellt, wo alle Felder, d. h. alle Köpfe, nach dem gleichen Schema mit den Auswurfstoffen einer längst vergangenen Kultur behandelt werden!

Der Verf. entwirft von den älteren Elektrochemikern äußerst lebensvolle Bilder, die an geistvolle Radierungen gemahnen; die Bilder sind so flott und frei gezeichnet, daß man nicht merkt, wie viel Studium, oft subtilster Art, dahinter steckt.

Die Entwicklung der Elektrochemie — in wissenschaftlicher und technischer Beziehung — wird bis in die allerletzte Zeit verfolgt. Auf Einzelheiten einzugehen, erübrigt sich wohl.

Jeder, der sich für Elektrochemie interessiert, wird aus dem Buch — auch wenn manches, als ganz einseitig, zum Widerspruch reizt — eine Fülle von Anregung schöpfen und manches Schiefe oder Oberflächliche, das sich von Lehrbuch zu Lehrbuch weitergeschleppt hat, richtiggestellt finden.

W. Roth-Greifswald.

Physikalisch-Chemische Rechenaufgaben. Von Dr. R. Abegg, Professor und Dr. O. Sackur, Privatdozent an der Universität Breslau. Leipzig, G. J. Göschen, 1909. 104 S. 80 Pf. Sammlung Göschen Nr. 445.

Das Buch bietet, in knappster Form, eine Fülle von anregenden, gut ausgesuchten Aufgaben nebst Lösungen, denen eine Zusammenstellung der wichtigsten Abkürzungen, Formeln und Gesetze vorgedruckt ist. — Das Büchlein beginnt mit Aufgaben über das Gasgesetz, meist in der Form von praktischen Fällen aus der Aeronautik, die Abegg bekanntlich eifrig pflegte, und deren Opfer er wurde. Es folgen Aufgaben aus dem Gebiet der Lösungen,

der Thermochemie, der Chemie der hohen Temperaturen, ebenfalls häufig in praktisch-technischer Form; nach den thermischen Gleichgewichten werden Ionengleichgewichte und andere Aufgaben aus der Elektrochemie behandelt; den Schluß macht eine Aufgabe aus der Radioaktivitätslehre.

An kleinen Ausstellungen möchte der Ref. folgende nicht unterdrücken: Ist es historisch richtig (S. 1), das Verteilungsgesetz nach Nernst zu nennen, der es ausgebaut und weiter nutzbar gemacht, aber doch nicht entdeckt hat? Bei der Aufgabe 35 (S. 17) ist es wohl pädagogisch richtiger, die Winkel α ausdrücklich als die „spezifischen“ Drehungsvermögen zu bezeichnen, also als $[\alpha]$ zu schreiben, weil sich ein Anfänger sonst eine recht falsche Vorstellung von den wirklich abzulesenden Winkeln machen könnte. Die in Aufgabe 40 (S. 18) benutzten Werte für die Ionenbeweglichkeiten sind sicher zu hoch.

Die Lösungen sind ausführlich und klar abgeleitet. Das Buch kann wie die meisten Bände der „Klassikerausgabe für 80 Pfennig“ zum Unterricht und Selbststudium auf das beste empfohlen werden.

W. Roth-Greifswald.

Jahrbuch der Chemie. Bericht über die wichtigsten Fortschritte der reinen und angewandten Chemie. Herausgegeben von Richard Meyer in Braunschweig. XIX. Jahrgang 1909. Braunschweig, Fr. Vieweg & Sohn, 1910. XII u. 607 S. M 18,—, geb. M 19,— u. M 20,—.

Die wertvolle Jahresschrift hat diesmal weder in der bewährten Anordnung des Stoffes noch in der Liste der Mitarbeiter eine Änderung erfahren. Mit außerordentlicher Sorgfalt wird wieder über alle wichtigen Untersuchungen und Ergebnisse der verschiedensten Gebiete berichtet, z. B. in dem Abschnitt Physikalische Chemie über neue Methoden zur Bestimmung der spezifischen Wärme, die auch für den Physiker von Interesse sind, ferner über die letzten Arbeiten betreffend die Radiumemanation, über die vielseitigen Leistungen in allen Zweigen der angewandten Chemie usw. Ein außerordentlicher Reichtum ist hier auf verhältnismäßig engen Raum zusammengetragen. Bemerkenswert ist, daß auch die historische Seite nicht vernachlässigt wird, da jedem Hauptabschnitt noch ein kurzer biographischer Abschnitt vorangestellt ist. Das Jahrbuch sei von neuem zur Anschaffung, mindestens für die Anstaltsbibliotheken, empfohlen.

Chemiker-Kalender 1911. Ein Hilfsbuch für Chemiker, Physiker, Mineralogen, Industrielle, Pharmazeuten, Hüttenmänner usw. Von Dr. Rudolf Biedermann. In zwei Bänden. 32. Jahrg. I. Teil in Leinenband, II. Teil (Beilage) geh., zusammen M 4,— (I. Teil in Leder gebunden 50 Pf. mehr).

Obleich die hohe Jahrgangszahl schon genügend erkennen läßt, daß sich das vorliegende Werk hinreichend bewährt hat, so halten wir es doch für unsere Pflicht, gerade diejenigen, denen dasselbe noch nicht bekannt geworden ist, eindringlich darauf hinzuweisen, welche erstaunliche Fülle von Material hier in zwei Büchern von bequemem Taschenbuchformat geboten wird. Wer nicht in der Lage ist, sich ein größeres Tabellenwerk zu erstehen, wird mit den hier gebotenen Daten zur Baro- und Thermometrie, zur Ausdehnung und Formartänderung der Körper, zur spezifischen Wärme, zur Thermochemie — um nur einzelnes aus dem Inhalt des zweiten Teiles anzuführen — in den meisten Fällen auskommen. Jedenfalls gibt es kein Handbuch oder dergl., das hinsichtlich des Preises, wenn wir diesen zu dem dargebotenen Stoff ins Verhältnis setzen, mit den beiden Teilen des Chemiker-Kalenders konkurrieren könnte; umfaßt doch der erste, gebundene Teil, abgesehen von dem „Schreibkalender“, nicht weniger als XX u. 389 Seiten, der zweite sogar IX u. 608 Seiten. Die etwas kleine Schriftgröße wird durch die große Schärfe des Druckes wieder ausgeglichen. Wer sich daher auch nicht entschließen möchte, sich das Buch alljährlich anzuschaffen, oder wer auch den zweckmäßig angelegten, aber nur einen kleinen Teil des Ganzen ausmachenden „Schreibkalender“ nicht benutzen möchte, der wird doch die einmalige Anschaffung des in den meisten Daten nicht so leicht veraltenden Werkes sicher nicht bereuen. Übrigens wird keineswegs nur Tabellen- und Zahlenmaterial geboten, vielmehr sind die allenthalben anzutreffenden kurzen und prägnanten, meist an Elementares anknüpfenden Ausführungen, z. B. zur physikalischen Chemie, als ganz besonders wertvoll hervorzuheben. Zu dem Abschnitt Thermochemie sei bemerkt, daß bei den drei „Thermochemischen Grundsätzen“ (Teil II, S. 162) in der Parenthese hinter dem Titel nicht nur „Berthelot“, sondern — in Anbetracht des zweiten, hauptsächlich das Gesetz von Otto Heß behandelnden Grundsatzes — auch noch Heß hätte angeführt werden können. Die vorliegende letzte Ausgabe enthält mehrere Neueinfü-

gungen und zeichnet sich noch durch einen von Prof. Ebler in Heidelberg bearbeiteten Abschnitt über „Radioaktive Substanzen“ aus, der eine treffliche Übersicht dieses aktuellen Gebietes auch viel Material an Konstanten bietet und die neuesten Forschungsergebnisse bis September 1910 berücksichtigt.

O. Ohmann.

Mineralien-Sammlungen. Ein Hand- und Hilfsbuch für Anlage und Instandhaltung mineralogischer Sammlungen. Von Dr. W. Brendler. I. Teil. Mit 314 Figuren im Text. Leipzig, W. Engelmann, 1908, VIII u. 220 S.

Das Buch enthält gründliche Anweisungen, wie man beim Sammeln von Mineralien, beim Herstellen einer nach wissenschaftlichen Grundsätzen eingerichteten Sammlung verfahren soll, und gibt auch sonst nach allen einschlägigen Richtungen hin nützliche Winke und praktische Ratschläge. Außerdem bietet der vorliegende erste Teil eine ziemlich eingehende Kristallographie und Kennzeichenlehre und vermag in dieser Hinsicht ein kürzeres mineralogisches Handbuch zu ersetzen. Man muß den zweiten Teil, der auch eine systematische Übersicht der Mineralien nach den Prinzipien von P. v. Groth, dem Lehrer des Verfassers, bringen will, mit Interesse entgegensehen. Was das Buch besonders empfiehlt, ist der Umstand, daß es von einer großen Liebe zur Sache getragen ist. Die Anschaffung sei daher allenthalben, zumal auch für solche Anstalten empfohlen, die durch ihre Umgebung das Studium und das Sammeln von Mineralien erleichtern. Insbesondere werden auch Schüler der oberen Klassen, die sich eine Mineraliensammlung selbständig anlegen wollen, großen Nutzen von dem Buche ziehen. *O.*

Praktikum der quantitativen anorganischen Analyse. Von Prof. Dr. A. Stock, Abteilungsvorsteher, und Dr. A. Stähler, Privatdozent, Assistent a. chem. Inst. der Univ. Berlin. Mit 37 Textfiguren. Berlin, J. Springer, 1909. VIII u. 152 S. Geb. M 4,—.

Das vorliegende Praktikum unterscheidet sich nicht unwesentlich von ähnlichen, die quantitative Analyse behandelnden Büchern. Zunächst finden sich die wichtigsten Operationen, wie Wägen, Auflösen, Fällern, Glühen usw., die sonst meist im Anschluß an bestimmte Aufgaben ausführlicher erörtert werden, hier zu einem besonderen Abschnitt vereinigt. Dieser Teil ist mit besonderer Sorgfalt abgefaßt und enthält viele auch im chemischen Unterricht der höheren Lehr-

anstalten verwendbare praktische Einzelheiten. Ferner wird in dem eigentlichen Lehrgänge mit der Maßanalyse und nicht mit dem Wägen begonnen. Sicherlich bietet dieses Vorgehen große Vorteile und entspricht auch mehr der Bedeutung, die diese Meßmethode immer mehr in der Praxis erlangt. Es ist zu wünschen, daß sich die hier befolgten Grundsätze allgemeiner durchsetzen, damit die von den Verfassern erstrebte und im Interesse der Studierenden gelegene Vereinheitlichung des Lehrganges in den verschiedenen Laboratorien mehr und mehr verwirklicht werde. Bei einigen der sonst klar und anschaulich gezeichneten Figuren erscheint die Grenze der für mittlere Augen zulässigen Verkleinerung etwas überschritten. Das Buch sei der allgemeinen Beachtung empfohlen. O.

Leitfaden der bautechnischen Chemie. Zum Gebrauche an bautechnischen Fachschulen. Von Prof. M. Girndt, Oberl. a. d. Kgl. Baugewerkschule zu Magdeburg. 2. Aufl. Mit 35 Fig. Leipzig u. Berlin, B. G. Teubner, 1909. 60 S. Kart. M 1,20.

Das Buch ist leicht faßlich geschrieben und verknüpft gleich von Anfang an Versuch und Gesetz, Praxis und Theorie. Da es die im Baugewerbe wichtigsten Stoffe und Vor-

gänge in klarer Weise behandelt, ist es als seinen Zwecken gut angepaßt zu bezeichnen.

Lehrbuch der Mineralogie und Geologie für höhere Lehranstalten. Von Dr. Bastian Schmid, Oberl. a. Realg. in Zwickau i. S. 2. verb. Aufl. II. Teil: Geologie. Mit zahlr. farb. u. schwarzen Abbild. u. einer geologischen Übersichtskarte. Eßlingen u. München, J. F. Schreiber. 70 S.

Der vorliegende zweite Teil des Lehrbuches verdient gleich dem ersten, die Mineralogie enthaltenden Teile (vgl. diese Zeitschr. XX, 403) als eine vortreffliche Arbeit hervorgehoben zu werden. Da die Geognosie bereits in der Mineralogie ihre Erledigung gefunden hat, so bilden hier die „Allgemeine Geologie“ und die „Historische Geologie“ die beiden Hauptabschnitte, denen im ganzen die übliche systematische Anordnung zugrunde gelegt ist, und die eine frische, dem jugendlichen Verständnis angepaßte Behandlung erfahren haben. Lobend erwähnt seien noch die zahlreichen, dem Texte eingefügten farbigen Tafeln, die die Darstellung wesentlich unterstützen, desgleichen die eingestreuten Aufforderungen zu bestimmten Beobachtungen im Freien. Das Verfahren der Verlagsbuchhandlung, auf dem Titelblatt die Jahreszahl des Erscheinens fortzulassen, können wir indessen nicht billigen. O.

Mitteilungen aus Werkstätten.

Physikalische Apparate mit Verwendung der Holtzschen Fußklemmen.

Von Dr. A. STÖHRER & SOHN in Leipzig W. 107.

* Zu der überaus praktischen Fußklemme, die Herr Professor Holtz in dieser Zeitschrift (2. Jahrgang, S. 55 - 58) beschrieben hat, ist von Herrn Ing. W. Kuntze in Leipzig eine große Anzahl Nebenapparate ersonnen worden, von denen einige nachstehend angeführt werden. Die Konstruktion der Apparate ist eine derartige, daß sie in kürzester Zeit mit den Klemmen verbunden werden können, wodurch ein schnelles Arbeiten möglich ist. Durch den Wegfall der vielen einzelnen Füße und Stative stellen sich die Apparate wesentlich billiger und eignen sich deshalb vorteilhaft für die immer mehr in Aufnahme kom-



Fig. 1.

menden physikalischen Schülerübungen sowie zur Anschaffung in solchen Kabinetten, wo mit weniger großen Mitteln der Bestand an kleineren Apparaten ergänzt werden soll.

Fig. 1 und 2 stellen Galgenstative dar, die zum Aufhängen von Pendeln, Magneten usw. dienen. Der Galgen Fig. 2 ist kräftiger und vertikal verstellbar ausgeführt; er ist zum Aufhängen schwererer Gegenstände bestimmt.

Eine ganze Reihe verschieden geformter Ansatzstücke und Halter gestattet eine fast unbegrenzte Verwendbarkeit. Beispiele zeigen die in Fig. 3 abgebildete Vorrichtung zum Auflegen von Röhren, der in Fig. 4 dargestellte drehbare Halter zum Auflegen von Magnet-



Fig. 2.

nadeln, geriebenen Hartgummistäben u. a. m., die Linsenfassung (Fig. 5), die Kettchen-

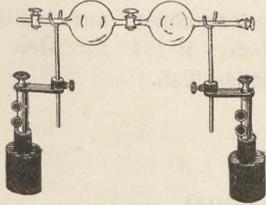


Fig. 3.

halter zum Einhängen von Geißlerschen Röhren (Fig. 6).

Eine Kollektion Spiralfedern gestattet in Verbindung mit der Fußklemme Elastizitäts-



Fig. 4.

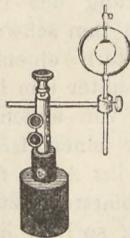


Fig. 5.

und Dehnungsversuche und veranschaulicht die Veränderung der federnden Eigenschaft bei Erhitzung durch den elektrischen Strom.

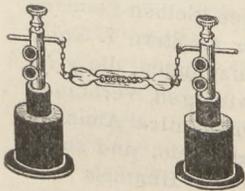


Fig. 6.

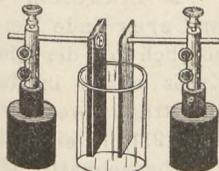


Fig. 7.

Die Fußklemme dient ferner zur Darstellung eines einfachen Parallelogramms der Kräfte; durch Einspannen eines Kompen-

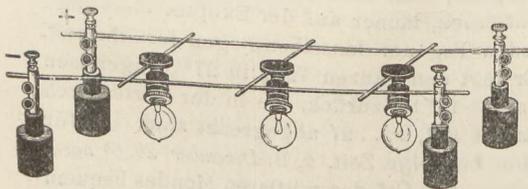


Fig. 8.
Parallelschaltung.

sationsstreifens und eines Stabes mit Platinspitze kann ein Feuermelder zusammengestellt werden.

Ferner sei erwähnt die Zusammenstellung eines Regulierwiderstands mit Gleitkontakt, Rogets oszillierende Spirale, ein einfaches Demonstrationselement (Fig. 7) und eine Vorrichtung zur Demonstration der Parallel- und Serienschaltung von Glühlampen (Fig. 8 u. 9).

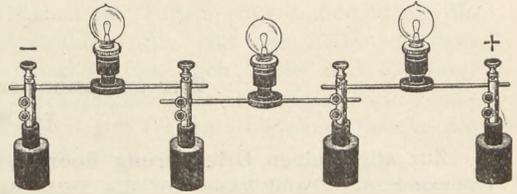


Fig. 9.

Ketten- oder Serienschaltung.

Die sämtlichen Apparate und Apparaten- teile sind in einer Broschüre „F“ zusammen- gestellt, die von der Firma auf Verlangen übersandt wird. Der Preis der Fußklemmen beträgt für 1 Stück M 4,50, von 6 Stück an je M 4,25, von 12 Stück an je M 4,—. Auch isolierende Fußklemmen mit Isolierzwischen- stück werden geliefert und stellen sich pro Stück um M 1,— teurer.

Preisverzeichnisse von E. Leybolds Nach- folger in Köln. Dem großen Jubiläumskatalog, der in dieser Zeitschr. XVIII, S. 61 besprochen ist, hat die rührige Firma bereits 1907 einen ersten Nachtrag (206 S.) folgen lassen, in dem besonders die Hochvakuumpumpe nach Gaede sowie Apparate nach Grimsehl, Looser, Noack, Rebenstorff, Weinhold, Lehmann auf- geführt sind. — Ein zweiter Nachtrag (112 S.) enthält ausschließlich Apparate für Schülerübungen. Die Firma hat sich durch diese Zusammenstellung ein entschiedenes Verdienst erworben. Es werden Einrichtungs- gegenstände für das Übungszimmer, dann die Apparate nach Grimsehl, Hahn und Noack beschrieben und zu einem großen Teil ab- gebildet. Es folgen darauf verschiedene Apparate im Anschluß an Wiedemann und Ebert, Bohnert u. a., Apparate für chemische Übungen nach Doermer sowie chemische Unterrichtsgeräte im allgemeinen. — Ein so- eben erschienener dritter Nachtrag (138 S.) bringt als Hauptstück einen Projektions- apparat mit vertikalem Aufbau in verschie- dener Ausführung, dann Projektionsapparate der gewöhnlichen Art nebst Zubehör, ferner verschiedene Demonstrations- und Meßappa- rate aus Mechanik, Akustik, Wärmelehre, Optik, Elektrizität. Auch hier sind vielfach ausführliche Gebrauchsanweisungen hinzu-

gefügt, die es in der Regel überflüssig machen, auf die Originalbeschreibung zurückzugehen. Erwähnt seien Apparate nach K. T. Fischer, Kolbe, Maey, Seddig, Seibt, Goldstein, Wehnelt. — Ein weiterer Nachtrag (7 S.) bringt die Apparate für Schülerübungen nach Direktor

Dr. Dannemann (Barmen). Der Preis der speziell für die Übungen anzuschaffenden Gerätschaften stellt sich, auf 10 Plätze (20 Schüler) berechnet, auf M 212 für den physikalischen, M 134 für den chemisch-mineralogischen Teil.

Zur astronomischen Tafel für 1911.

Von M. Koppe.

Zur allgemeinen Orientierung über den Gebrauch der Tafel kann auf die früheren Jahrgänge dieser Zeitschrift verwiesen werden. Eine vollständige Erklärung ist der Sonderausgabe für 1911 beigegeben¹⁾. Im Nachstehenden sind nur einige Abschnitte daraus wiedergegeben, die gegen das vorige Jahr wesentliche Abweichungen aufweisen.

1. Zur Orientierung am Fixsternhimmel. Für einen Beobachter nahe dem Erd-Äquator, in Ecuador oder auf den Sunda-Inseln ist die Weltachse fast wagerecht; er kann daher liegend seine Körperachse ebenso bequem in die Süd-Nord-Richtung wie in die genau entgegengesetzte bringen, bei der seine Füße nach α im kleinen Bären zeigen, sein Kopf nach dem südlichen Polarstern σ im Oktanten. Dann erfolgt die Bewegung eines betrachteten Sternes für ihn bei der ersten Lage von links nach rechts, bei der zweiten von rechts nach links. Für einen Beobachter in Kapstadt wäre die zweite Lage parallel der Weltachse die natürliche; am Südpol geht sie in die normale Haltung eines geradestehenden Menschen über.

Die vier, im Deutschen so genannten, Himmelsrichtungen sind Richtungen auf der Erde, definiert durch Vorgänge am Himmel; sie dienen dazu, den Weg eines Wanderers, den Kurs eines Schiffes anzugeben, wobei eine Ergänzung durch Zwischenrichtungen sich als nützlich erweist. Wenn einmal ein Himmelskörper sich zeigt wie der Johannesburger Komet 1910, der schnell aus einem Sternbild zum andern fast geradeaus fortschritt, so entsteht das Bedürfnis, auch dessen Bahnrichtung nach absoluten Angaben zu bezeichnen, um die Gegenden, wo er noch nicht oder erst sehr ungünstig sichtbar ist, telegraphisch auf die Art der zu erwartenden

Erscheinung vorzubereiten. Die Anwendung der Bezeichnungen „oben, unten, links, rechts“ gibt Verwirrung, da sie in Kapstadt anders aufgefaßt werden als in Berlin. Zu diesem Zweck benutzt man auch am Fixsternhimmel die Benennungen N, S, O, W; und zwar so, als wäre der Himmel eine stark vergrößerte Darstellung des in einem bestimmten Moment in ihm schwebenden Erdglobus, wobei jeder Stern einem Erdort entspricht, der gerade unter ihm liegt. Betrachtet man den Globus von außen, und stellt man ihn so, daß für einen kleinen Bezirk, den man gerade ins Auge faßt, die Richtung nach N (zum Polarstern) zugleich die Richtung nach oben ist, so liegt links W, rechts O, wie auf der Landkarte. Bedient man sich aber einer Sternkarte, wie sie jetzt hergestellt werden, die dem wirklichen Anblick des Himmels von innen entspricht, so ist, wenn der nördliche Rand oben liegt, links O, rechts W.

2. Planeten. Von den kleinen Planeten ist Ceres Ende Dezember als Stern 7. Größe nördlich von der Linie aufzufinden, die γ im Krebs mit β in den Zwillingen verbindet. Man trägt Ceres nach dem Nautical Almanac (für 1911) in einen Sternatlas ein, und sucht das benachbarte Gebiet des Himmels mit einem Feldstecher nach einem beweglichen Stern ab.

3. Mond. Die Karte VII stellt zunächst den Lauf eines erdichteten, mittleren Mondes dar, der, ohne sich weit von dem wahren zu entfernen, immer auf der Ekliptik bleibt und jeden Tag um denselben Bogen fortschreitet. Er legt den ganzen Weg in $27\frac{1}{3}$ Tagereisen von je $13^{\circ} 10'$ zurück, die in der Karte durch Zahlen 0, 1, 2 . . . 27 abgegrenzt sind. Um für eine beliebige Zeit, z. B. *Dezember 26, 6^h nachmittags*, den Ort des mittleren Mondes bequem zu finden, ist für jeden Monat eine besondere Epoche (Ruhepunkt, Start) festgesetzt und mit einer römischen Zahl bezeichnet, für Dezember mit XII. Diese Zahl bezeichnet den Punkt, wo der mittlere Mond bei Beginn

¹⁾ Die Bahnen der beweglichen Gestirne im Jahre 1911. Verlag von Julius Springer in Berlin. Preis M —,40; für 10 Exemplare M 3,—; für 20 Exemplare M 5,50 bei portofreier Zusendung.

des 30. November (oder Dezember 0) nach bürgerlicher Rechnung steht. Er ist dann vom Frühlingspunkt 26 8 Tagereisen entfernt, steht also am 1. Dezember 0^h und 2. Dezember 0^h bei 27,8 und 28,8 oder bei 0,5 und 1,5 der nach Tagereisen geteilten Skala der Ekliptik.

Wir bezeichnen die Zeit nach der Art der Italiener, der belgischen Fahrpläne und des Annuaire du bureau des longitudes so, daß der bürgerliche Tag, von Mitternacht bis Mitternacht, in 24 Teile zerlegt wird, deren Anfangspunkte der Reihe nach 0^h, 1^h . . . 23^h heißen. Mittag wird also mit 12^h bezeichnet. Auch in Rußland werden seit 1909 die Abgangszeiten der Auslands-Telegramme nach der bürgerlichen 24stündigen Uhr angegeben. John Herschel empfahl sie auch den Astronomen. Vielleicht warten diese noch auf den Vorantritt des Deutschen Reiches.

Der obige Zeitpunkt ist also Dezember 26^d 18^h = Dezember 26,8^d. Der Ort des mittleren Mondes fällt auf XII + 26,8^d = 26,8 + 26,8 = 53,6 Tagereisen oder, wenn man einen vollen Umlauf = 27,3 wegläßt, auf 26,3 Tagereisen = 346° Länge.

In der Karte VII ist die Mondbahn für die Mitte des Jahres gezeichnet; sie schneidet die Ekliptik im aufsteigenden und absteigenden Knoten Ω und ϱ ; zugleich ist durch Ω_0 der aufsteigende Knoten zu Anfang, durch Ω_1 zu Ende des Jahres angegeben; dadurch ist auch die Lage der Mondbahn bestimmt, die von dem Knoten unverändert mitgenommen wird. Für Zwischenzeiten kann ihre Lage leicht geschätzt werden. Bei 346° Länge hat die mittlere Mondbahn die Breite -4° , aber die für Dezember gültige -3° .

Der Mond durchläuft seine Bahn nicht mit gleichmäßiger Geschwindigkeit; die Tagereisen am Perigäum (π) sind größer, die am Apogäum (α) kleiner als der mittlere Wert. Trifft daher der mittlere Mond mit dem wahren im Perigäum π zusammen, so ist der wahre Mond bis zum Apogäum dem mittleren etwas vorauf; von da ab bleibt er gegen ihn zurück. Wieviel man zur Länge des mittleren Mondes hinzulegen muß, um die des wahren zu erhalten, wird durch die Mittelpunkts-Gleichung angegeben, die durch die positiven und negativen Ordinaten einer Kurve $\pi \alpha$ dargestellt ist für die Mitte des Jahres. Für den Anfang ist sie nach $\pi_0 \alpha_0$, für das Ende nach $\pi_1 \alpha_1$ zu verschieben. Bei 346° Länge ist die zugehörige Ordinate = -6° für die mittlere Kurve, für die Dezember-Kurve auch = -6° . Daher ist die wahre Länge des Mondes = $346^\circ - 6^\circ$

= 340° , die Breite = -3° . Er steht südlich von λ im Wassermann.

4. Räumliche Bahn der Planeten. Es ist empfehlenswert, die geozentrische Bahn eines Planeten angenähert zu konstruieren, indem man die als Kreise anzunehmenden heliozentrischen räumlichen Bahnen nach Tagen einteilt und dann die Fahrstrahlen, die von der Erde zu dem Planeten führen, nach Größe und Richtung an einen festen Punkt überträgt. Die folgende Tabelle liefert für eine bequeme Epoche die notwendigen Konstanten.

	Mittlere Länge 1911 Jan. 0. 0 ^h	Mögliche Abweichung d. mittleren v. d. wahren Länge	Änderung der mittleren Länge in 365 ^d (U. = Umlauf)	Radius der Bahn
Merkur ♀	55,04°	23°	4 U. 53,72°	0,39
Venus ♀	297,82°	1°	1 U. 224,79°	0,72
Erde ♂	98 50°	2°	359,76°	1,00
Mars ♂	238,65°	11°	191,29°	1,52
Jupiter ♃	211,93°	6°	30,35°	5,20
Saturn ♄	41,12°	6°	12,23°	9,54
Uranus ♅	291,39°	5°	4,30°	19,2
Neptun ♆	109,19°	1°	2,20°	30,1

5. Mondort. Den Mondort kann man fast auf einen Grad genau berechnen, wenn man die Zeiträume kennt, in welchen der Mond zum Frühlingspunkt, zum aufsteigenden Knoten, zum Perigäum zurückkehrt (tropischer Monat M_1 , Drachenmonat M_2 , anomalistischer Monat M_3), und je eine Epoche, d. h. einen Zeitpunkt, wann der Mond in einem dieser drei Punkte stand.

	Dauer	Epoche 1910 Dez.
Trop. Monat M_1	27,322 d	10 d 7 h
Drachenm. M_2	27,212 d	13 d 21 h
Anom. M. M_3	27,555 d	14 d 22 h

Es sei zu bestimmen der Mondort für 1911 Dez. 26^d 18^h. Man berechne die seit den Epochen vergangenen Zeiten erst in Tagen, dann in Monaten der zugehörigen Art:

$$T_1 = 381 \text{ d } 11 \text{ h} = 13,962 M_1$$

$$T_2 = 377 \text{ d } 21 \text{ h} = 13,887 M_2$$

$$T_3 = 376 \text{ d } 20 \text{ h} = 13,676 M_3$$

Die entsprechenden durchlaufenen Bogen sind, von vollen Umläufen abgesehen,

$$\psi_1 = 0,962 U. = 346^\circ$$

$$\psi_2 = 0,887 U. = 319^\circ$$

$$\psi_3 = 0,676 U. = 243^\circ$$

Dann ist die mittlere Länge des Mondes = ψ_1 , die Breite = $5^\circ \sin \psi_2 = -3^\circ$, die Mittelpunkts-Gleichung = $6,3 \sin \psi_3 = -6^\circ$. Folg-

lich ist die wahre Länge = 340°, die Breite = - 3°.

Zusatz. Die Planeten und der Mond erscheinen in III bis VII in dem nur *gedachten* Netz der mittelsten Tierkreis-Zone. Es ist nötig, sie auf die *sichtbaren* Sternbilder zu

übertragen. Dies wird erleichtert durch Benutzung der der Sonderausgabe der Tafel beigegebenen durchsichtigen Karte des Tierkreises. Die Anregung hierzu gab Herr Otto Tetens durch seine Besprechung in der Zeitschrift „Das Wetter“

Himmelserscheinungen im Februar und März 1911.

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

		Februar						März					
		2	7	12	17	22	27	4	9	14	19	24	29
♃	AR	19 ^h 14 ^m	19 38	20. 6	20.35	21. 5	21.37	22. 9	22.42	23.16	23.50	0.26	1. 2
	D	- 21°	- 21°	- 21°	- 20°	- 18°	- 16°	- 14°	- 11°	- 7°	- 3°	+ 2°	+ 7°
♀	AR	22 ^h 6 ^m	22.30	22.53	23.16	23.39	0. 1	0 24	0.46	1. 9	1.31	1.54	2.17
	D	- 13°	- 11	- 9	- 6	- 4	- 1	+ 2	+ 4	+ 7	+ 9	+ 12	+ 14
☉	AR	21 ^h 0 ^m	21.20	21.40	22. 0	22.19	22.38	22.57	23.15	23.34	23.52	0.10	0.28
	D	- 17°	- 16	- 14	- 12	- 10	- 9	- 7	- 5	- 3	- 1	+ 1	+ 3
♂	AR	18 ^h 5 ^m	18.21	18.37	18.52	19. 8	19.24	19.40	19.56	20.11	20.27	20.42	20.57
	D	- 24°	- 24	- 24	- 23	- 23	- 23	- 22	- 22	- 21	- 20	- 19	- 18
♃	AR		14 ^h 47 ^m		14.49		14.50		14.50		14.48		14.45
	D		- 15°		- 15		- 15		- 15		- 15		- 15
♄	AR	1 ^h 57 ^m						2. 6					
	D	+ 9°						+ 10					
☉	Aufg.	7 ^h 44 ^m	7.36	7.27	7.17	7. 6	6.56	6.45	6.33	6.22	6.10	5.58	5.46
	Unterg.	16 ^h 44 ^m	16.53	17. 3	17.13	17.22	17.31	17.41	17.50	17.59	18. 8	18.16	18.25
☾	Aufg.	9 ^h 25 ^m	10.40	15.33	22.17	3.11	6.59	8.10	10.39	17.23	23.42	3.57	5.51
	Unterg.	20 ^h 24 ^m	1.59	7.32	8.52	10.16	15.20	22.19	3.56	6.35	7.34	10.27	17. 3
Sternzeit im mittl. Mittg.		20 ^h 46 ^m 6 ^s	21. 5.48	21.25.31	21.45.14	22. 4.57	22.24.40	22.44.22	23. 4. 5	23.23.48	23.43.31	0. 3.13	0.22.56
Zeitgl.		+ 13 ^m 47 ^s	+ 14 16	+ 14 25	+ 14 15	+ 13 46	+ 13. 3	+ 12. 5	+ 10 56	+ 9 36	+ 8 10	+ 6 40	+ 5. 9

Mittlere Zeit = wahre Zeit + Zeitgleichung.

Frühlingsanfang am 21. März, 18^h 55^m M.E.Z.

Mondphasen in M.E.Z.	Neumond	Erstes Viertel	Vollmond	Letztes Viertel
	Febr. 29, 1 ^h 31 ^m März 30, 13 ^h 38 ^m	Febr. 6, 16 ^h 28 ^m März 8, 0 ^h 1 ^m	Febr. 13, 11 ^h 37 ^m März 15, 0 ^h 58 ^m	Febr. 21, 4 ^h 44 ^m März 23, 1 ^h 26 ^m

Planetensichtbarkeit	Merkur	Venus	Mars	Jupiter	Saturn
im Februar	unsichtbar	als Abendstern zuletzt 1½ Stunden lang sichtbar	morgens zuletzt nur noch ½ Stunde lang sichtbar	zuletzt 6 Stunden lang vor Beginn der Dämmerung sichtbar	abends 6 bis 3¾ Stunden lang sichtbar
im März		unsichtbar	die Sichtbarkeitsdauer wächst bis auf 2¼ Stunden	die Sichtbarkeitsdauer sinkt bis auf ¼ Stunde	die Sichtbarkeitsdauer wächst bis auf 7 Stunden

F. Koerber.

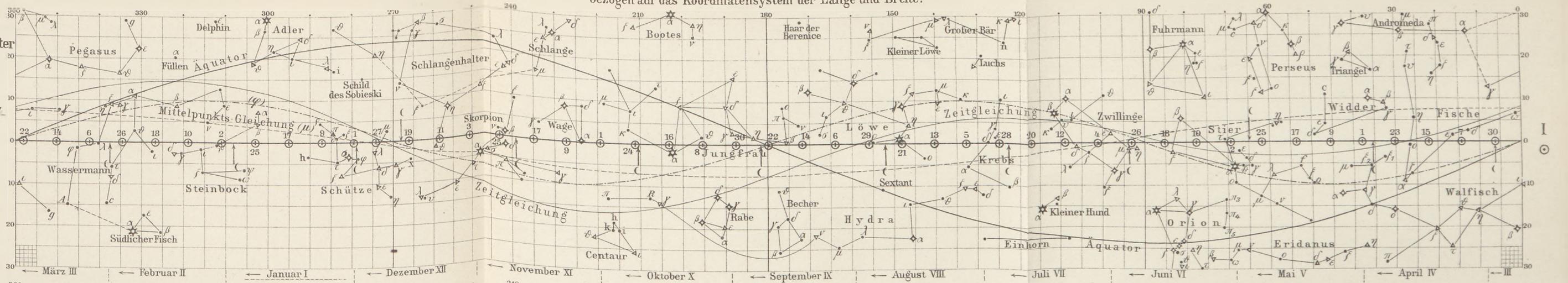
Nachdruck nur mit Quellenangabe und mit Genehmigung der Verlagshandlung gestattet.

Die Bahnen der beweglichen Gestirne im Jahre 1911 bezogen auf das Koordinatensystem der Länge und Breite.

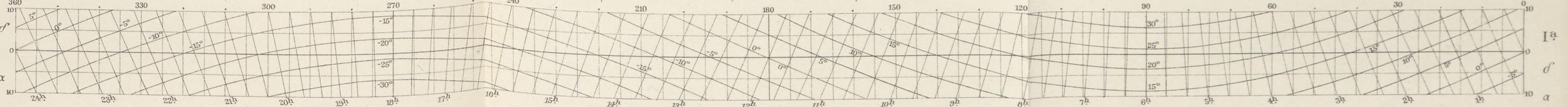
I. Tierkreisgürtel und Örter der mittleren Sonne ☉

Mittelpunkts-Gleichung $S-M-\mu$
 $M-F-\varphi$
 (μ und φ in 4-fachem Maßstab)
 Zeitgleichung (in Min) $-\mu+\varphi$
 (Intervall 8 Tage)

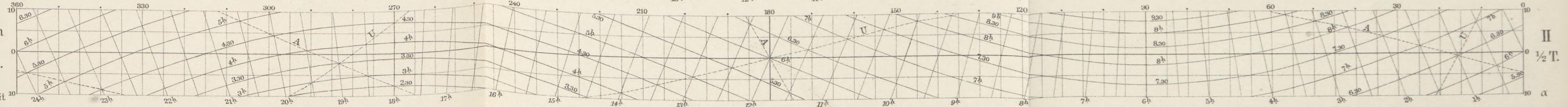
Neumond ☾
 Sterngrößen
 ★ ◆ ▲ ●
 1 2 3 4



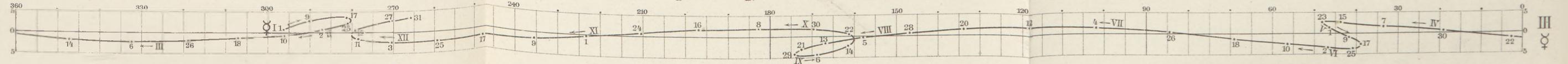
I^a Deklination δ und Rektaszension α



II. Halbe Tagesbogen für die Polhöhe von Berlin. 1/2 T.
 Kulmination nach Sternzeit



III. Merkur ☿ (Intervall 8 Tage)



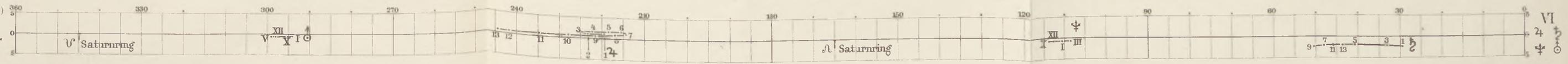
IV. Venus ♀ (8 Tage)



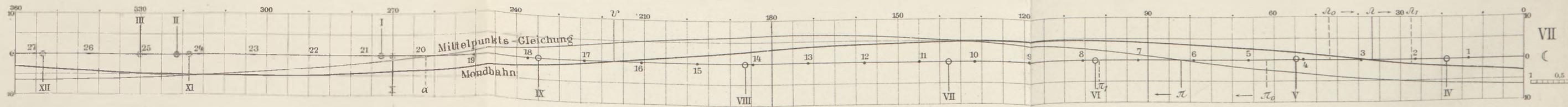
V. Mars ♂ (16 Tage)



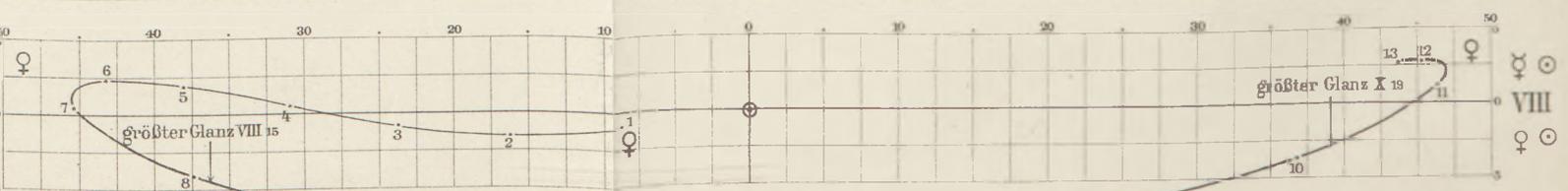
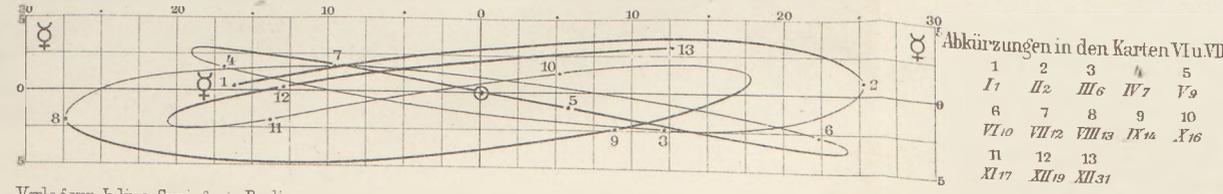
**VI. Jupiter ♃ (32 Tage)
 Saturn ♄ (64 Tage)
 Uranus ♃ Neptun ♆ Saturnring**



**VII. Mond ☾ (Intervall 1 Tag)
 Eine Tagereise**



**VIII. Stellung von Merkur und Venus relativ zur Sonne (Intervall 16 Tage)
 Doppelter Maßstab**



Abkürzungen in den Karten VI u. VIII

1	2	3	4	5
I 1	II 2	III 6	IV 7	V 9
6	7	8	9	10
VI 10	VII 12	VIII 13	IX 14	X 16
11	12	13		
XI 17	XII 19	XIII 31		