

Zeitschrift
für den
Physikalischen und Chemischen Unterricht.

XIX. Jahrgang.

Drittes Heft.

Mai 1906.

**Die Verwendung von kurzbrennweitigen Beleuchtungssystemen
bei Projektionsapparaten für optische Versuche.**

Von

Prof. E. Grimsehl in Hamburg.

Für eine große Anzahl optischer Demonstrationsversuche braucht man ein paralleles Lichtstrahlenbündel von großer spezifischer Helligkeit mit verhältnismäßig geringem Durchmesser, so z. B. bei der Projektion von Spektralerscheinungen, bei der optischen Darstellung von Interferenz-, Beugungs- und Polarisationserscheinungen, bei Mikroprojektionen u. a. Die gebräuchlichen Projektionsapparate mit elektrischer Beleuchtung nutzen von dem von der punktförmigen Lichtquelle ausgesandten Lichte nur einen sehr geringen Betrag für diese Zwecke aus, so daß der Wunsch berechtigt ist, diesen Betrag möglichst zu steigern.

Wenn L (Fig. 1) der positive Lichtkrater einer elektrischen Bogenlampe, also die punktförmige Lichtquelle im Projektionsapparat ist, so verwendet man gewöhnlich eine Plankonvexlinse als sog. Kondensor von etwa 20 cm Brennweite, in dessen der ebenen Seite zugewandtem Brennpunkt die Lichtquelle angebracht ist. Da die Projektionsapparate meistens auch als Skioptikonlaternen angewandt werden, mit Hilfe deren Diapositive von $8\frac{1}{2} \cdot 8\frac{1}{2}$ cm oder von 9 . 12 cm Größe projiziert werden, so beträgt der Durchmesser der Linsen bei den größeren Apparaten 15 cm und mehr. Der Lichtkegel, der durch die Kondensorlinse vereinigt wird, hat demnach an der Spitze durchschnittlich einen Winkel von etwa 30° .

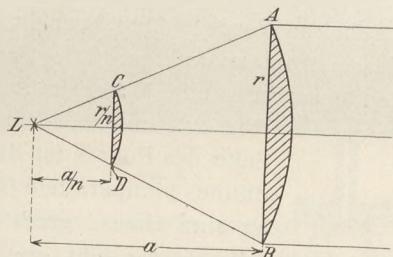


Fig. 1.

Hieraus berechnet sich, daß von dem wirklich ausgesandten Lichte unter der Voraussetzung, daß es sich nach allen Seiten gleichmäßig ausbreitet, nur etwa $\frac{1}{15}$ durch den Kondensor parallel gemacht wird und nach außen kommt. Diese Lichtmenge ist annähernd gleichmäßig auf ein zylindrisches Strahlenbündel mit dem Radius von $7\frac{1}{2}$ cm verteilt. Ein von dem Strahlenbündel senkrecht getroffener Schirm wird in einem Kreise von annähernd 180 qcm gleichmäßig beleuchtet. Hieraus folgt, wenn von sonstigen Lichtverlusten abgesehen wird, daß bei den angegebenen Zahlenverhältnissen ein paralleles Lichtbündel von 1 qcm Grundfläche nur etwa den 2700sten Teil des gesamten von der Lichtquelle ausgesandten Lichtes bekommt. Bei den Demonstrationen optischer Vorgänge pflegt das benutzte Strahlenbündel meist nur wenige Quadratzentimeter, oft nur Bruchteile eines Quadratzentimeters Fläche zu umfassen. Bei der Beleuchtung eines Spaltes von 1 cm Länge ist natürlich der ausgenutzte Betrag bedeutend geringer, als oben berechnet.

Durch einen einfachen Kunstgriff kann man den nutzbaren Betrag wesentlich steigern. Die vorhin betrachtete Kondensorlinse $A B$ (Fig. 1) möge von der punkt-

förmigen Lichtquelle L den Abstand a haben; die Kondensorlinse selbst habe den Radius r der ebenen Fläche. Durch den Kegel ALB ist die Menge des nutzbaren Lichtes bestimmt. Setzt man in den Lichtkegel an die Stelle CD eine plankonvexe Kondensorlinse von der Brennweite $\frac{a}{n}$, so braucht der Radius der ebenen Fläche nur noch den Wert $\frac{r}{n}$ zu haben, um dieselbe Lichtmenge parallel zu machen. Während aber das durch die große Kondensorlinse AB parallel gemachte Lichtbündel als Grundfläche den Kreis mit dem Radius r hat, hat das durch die Linse CD parallel gemachte Lichtbündel den Grundflächenradius $\frac{r}{n}$. Die Größe der im ersten Falle erleuchteten Fläche ist πr^2 , während die mit Hilfe der kleinen Kondensorlinse beleuchtete Fläche die Größe $\frac{\pi \cdot r^2}{n^2}$ hat. Die zweite Fläche ist also nur $\frac{1}{n^2}$ mal so groß wie die erste. Hieraus folgt, daß die spezifische Beleuchtungsintensität, d. h. die Lichtmenge, die auf 1 qcm der beleuchteten Fläche fällt, n^2 mal so groß ist wie bei der großen Kondensorlinse. Hieraus ergibt sich, daß die Verwendung einer kleinen Kondensorlinse, die der Lichtquelle möglichst nahe gebracht ist, die natürlich dann auch eine kleinere Brennweite haben muß, eine bessere Ausnutzung der Lichtquelle für die angegebenen Zwecke bewirkt, abgesehen davon, daß die kleine Kondensorlinse wegen ihrer geringen Größe billiger oder bei gleichem Preise besser hergestellt werden kann.

Ein Übelstand ist jedoch hiermit verbunden. Bringt man eine Glaslinse in einem Abstande von vielleicht 5 cm vor den positiven Lichtkrater einer elektrischen Bogenlampe von 15 bis 20 Ampere Stromstärke, so zerspringt sie infolge der großen Hitze unfehlbar. Aber auch dem Übelstande kann durch einen kleinen Kunstgriff abgeholfen werden. Man braucht nämlich nur die Glaslinse durch einen andauernden Wasserstrom zu kühlen. Die auf Grund dieser Überlegung von mir konstruierte Kondensorlinse mit Wasserkühlung besteht aus einem zylindrischen Messingringe

(Fig. 2) von ca. 5 cm Durchmesser und 15—25 mm Länge. In die eine Seite des Rohres ist durch eine Schraubenfassung mit Gummidichtung eine dünne, planparallele Glasplatte wasserdicht eingesetzt. In die andere Seite ist eine ebenso große Bikonvexlinse von etwa $2\frac{1}{2}$ cm Brennweite ebenfalls wasserdicht eingesetzt. Der zwischen der ebenen Platte und der Linse befindliche Raum dient als Kühlraum. Er wird von einem kalten Wasserstrom, der durch zwei seitlich an das Messingrohr angesetzte Röhre zu- und abgeführt wird, dauernd durchflossen. Die Wasserzufuhr geschieht an der untersten Stelle, der Abfluß an der obersten Stelle des Ringes, damit etwa auftretende Luftblasen sofort wieder entfernt werden. Die so zusammengesetzte Kondensorlinse vermag man bis auf 3—4 cm der Bogen-

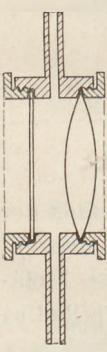


Fig. 2.

lampe mit der planen Seite zu nähern, ohne daß ein Springen zu befürchten ist. Ich habe wiederholt einen solchen Kondensor stundenlang unmittelbar, d. h. etwa 2—3 cm vor das Bogenlicht gesetzt, ohne daß nur einmal das Glas gesprungen wäre. Das Planglas sowohl wie das Messingrohr und die Konvexlinse bleiben vollständig kalt. Durch die Einfügung der Wasserschicht wird die Brennweite der Bikonvexlinse auf etwa 5 cm vergrößert; sie wirkt annähernd wie eine Plankonvexlinse.

Der beschriebene Kondensor ist in zwei Formen ausgeführt und für optische Versuche passend gemacht. Die Firma A. Krüß in Hamburg hat das nach diesem Prinzip von mir konstruierte Beleuchtungssystem in einem in die optischen Laternen dieser Firma passenden Einsatz (Fig. 3) montiert. Der Einsatz ist so gebaut, daß er,

an Stelle der gewöhnlichen Kondensorlinse eingesetzt, sofort im richtigen Abstande von der elektrischen Bogenlampe steht. Die Firma hat sich diese Form der Ausführung durch D.R.G.M. No. 258243 schützen lassen.

Eine andere Form der Ausführung und der Montierung besteht aus einem gewöhnlichen rechteckigen Blechkasten, in den eine Bogenlampe mit schräg zueinander stehenden Kohlenspitzen eingesetzt wird. Fig. 4 zeigt die Lampe, wie sie zur objektiven Darstellung der Fresnelschen Interferenzstreifen angewandt wird. Bei dieser Anordnung sind die Fresnelschen Streifen auf 10 m Entfernung objektiv deutlich zu sehen. Der Projektionsschirm steht etwa 1,5 m vor den Fresnelschen Spiegeln. Die vordere Wand des Blechkastens, der in der Mitte eine kreisförmige Öffnung von 38 mm Durchmesser hat, ist mit zwei Nuten versehen, in die das einfache Kondensorsystem, das auf einer rechteckigen Messingplatte montiert ist, eingesetzt wird. In dieser Ausführungsform kann die Lampe natürlich nur für die optischen Demonstrationen der bezeichneten Art gebraucht werden, während die der Firma Krüß geschützte Lampenform durch Einsetzen eines großen Kondensors gewöhnlicher Art

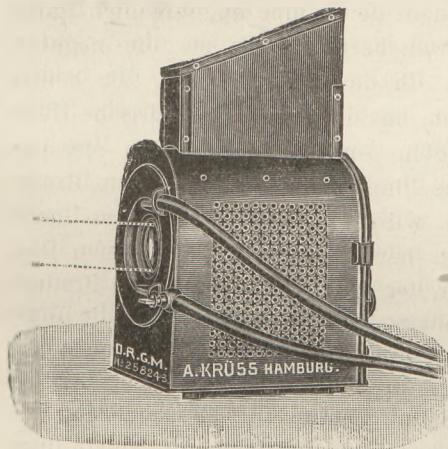


Fig. 3.

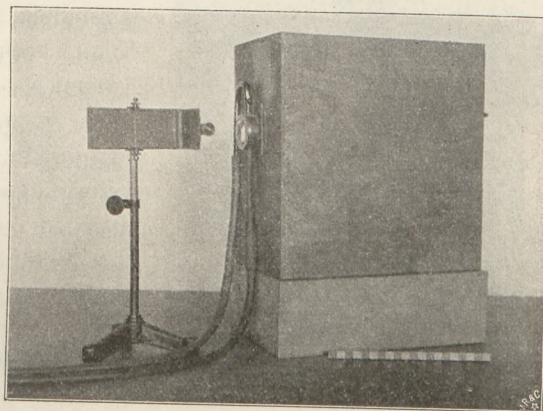


Fig. 4.

auch für die Projektion von Diapositiven u. s. w. geeignet gemacht werden kann. Die spezifische Helligkeit des durch das neue Kondensorsystem parallel gemachten Lichtbündels ist etwa 10 mal so groß wie bei dem Kondensor gewöhnlicher Art.

Da durch die Annäherung des Kondensors an die Kohlenspitzen die ausgestrahlte Lichtmenge für die optischen Versuche in so hohem Maße besser verwertet wird, lag der Gedanke nahe, umgekehrt wegen der besseren Ausnutzung nur eine Lichtquelle geringerer Lichtintensität zu verwenden, um trotzdem das zu erreichen, was sonst mit den gewöhnlichen großen Projektionsapparaten erreicht werden kann. Mit Erfolg habe ich eine kleine sog. Liliput-Bogenlampe, deren Stromverbrauch nur 1,5 Ampere beträgt, zu einer optischen Laterne ausgebaut, die für alle Versuche der bezeichneten Art geeignet ist, die aber den Vorteil hat, daß man sie an jede beliebige Ansteckdose, wie sie bei elektrischen Beleuchtungsanlagen vorhanden ist, einschalten kann. Fig. 5 zeigt die neue optische Projektionslaterne in ihrer jetzigen Ausführungsform. Man sieht in der Figur in dem oberen Teile die Liliput-Bogenlampe, die unter einem Winkel von 40° gegen die Vertikale geneigt ist und in dieser Lage in einem Eisenstativ mit passenden Klemmschrauben hoch und tief gestellt, geneigt und gedreht werden kann. Der oberste Teil der Liliput-Bogenlampe enthält fest eingebaut den Vorschaltwiderstand, der einen direkten Anschluß an eine Gleichstrom-

anlage von 110 Volt Spannung ermöglicht. Die Anordnung der Zuführungsdrähte, der Klemmen und des Ausschalters auf dem Fuße des Stativs geht aus der Figur hervor. Anstatt der gewöhnlich bei der Liliput-Bogenlampe vorhandenen Opalglas-kuppel ist ein zylindrisches Messingrohr angesetzt, auf dessen unteres Ende eine zylindrische Messingkappe mit Bajonettverschluß aufgesetzt wird. Diese Metallkappe trägt ein zentral angeordnetes Muttergewinde, durch das eine Schraube mit großem geränderten Kopfe hindurchgeht. Das obere Ende der Schraube, das also innerhalb des Blechzyinders sitzt, ist durch einen Zwischensatz von Vulkanfiber isoliert und trägt eine Klemme zur Aufnahme der unteren negativen Lichtkohle. Die Zuführung des Stromes zu dieser Kohle geschieht durch drei die Kohle seitlich berührende Messingfedern, die mit dem negativen Pole der Stromquelle verbunden sind. Die

obere positive Lichtkohle wird in der der Lampe beigefügten Länge einfach in eine in der Lampe befindliche zentrale Öffnung so weit hineingesteckt, wie es geht. Sie sitzt dann von selbst fest und rutscht mit dem in der Lampe angebrachten Halter zusammen so weit herunter, bis sie die negative Kohle berührt. In der Höhe, wo sich die beiden Kohlen berühren, hat die äußere zylindrische Hülse einen wagerechten Ansatz, in den eine Messingfassung für eine Plankonvexlinse von 3 cm Brennweite eingesetzt wird. Die Fassung trägt an ihrem aus der Lampe hervorragenden Teile einen Ring aus Vulkanfiber, der auch bei andauerndem Brennen der Lampe nicht so heiß wird, daß man die Linse nicht mit der Hand verschieben und einstellen könnte. Ein kleines, dunkel gefärbtes Beobachtungsglas an der Seite gestattet die Beobachtung des Lichtbogens während des Betriebes. Bei der Liliput-Bogenlampe wird die Stellung der oberen, der positiven Kohle durch einen Elektromagneten reguliert und in dem für das gute Brennen günstigen Abstande gehalten. Die Stellung der negativen Kohle wird mit Hilfe der aus dem unteren Ende herausragenden Rändelkopfschraube so geregelt, daß sich der positive Lichtkrater in der Höhe des zylindrischen Ansatzes befindet. Die Handhabung, d. h. die Beschickung der Lampe mit neuen Kohlen ist äußerst einfach. Nachdem man die untere zylindrische Kappe entfernt hat, lockert man mittels eines einfachen, an der Lampe angebrachten Messingbandverschlusses die Befestigung der zylindrischen Hülse und schiebt diese von der Lampe ab. Darauf zieht man den vom letzten Brennen noch vorhandenen Rest der positiven Lichtkohle oben heraus und verkürzt ihn auf die Länge von 90 mm. Dieses Ende wird dann als negative Kohle in dem unteren Kohlenhalter befestigt, die zentrale Schraube wird, soweit es geht, herausgeschraubt, damit das obere Ende der negativen Kohlen möglichst tief zu liegen kommt. Dann setzt man eine positive Lichtkohle oben ein und befestigt sie, indem man sie so weit eindrückt, wie es geht. Darauf wird erst die Messinghülse und dann die untere Messingkappe mit der negativen Kohle aufgesetzt. Der Anschluß an eine 110 voltige Stöpseldose wird hergestellt und der Strom mittels des am Stativ angebrachten Ausschalters eingeschaltet. Durch geringes Verschieben der Linse im wagerechten Rohransatz stellt man ein paralleles Lichtbündel her.

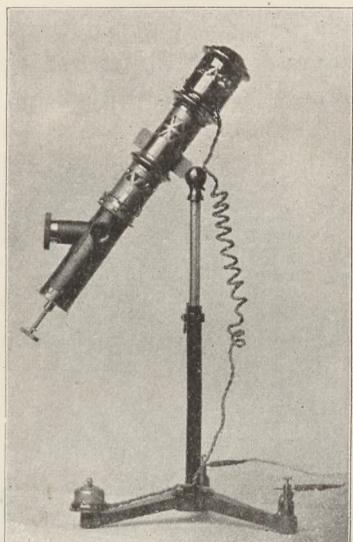


Fig. 5.

tiven Kohle durch einen Elektromagneten reguliert und in dem für das gute Brennen günstigen Abstande gehalten. Die Stellung der negativen Kohle wird mit Hilfe der aus dem unteren Ende herausragenden Rändelkopfschraube so geregelt, daß sich der positive Lichtkrater in der Höhe des zylindrischen Ansatzes befindet. Die Handhabung, d. h. die Beschickung der Lampe mit neuen Kohlen ist äußerst einfach. Nachdem man die untere zylindrische Kappe entfernt hat, lockert man mittels eines einfachen, an der Lampe angebrachten Messingbandverschlusses die Befestigung der zylindrischen Hülse und schiebt diese von der Lampe ab. Darauf zieht man den vom letzten Brennen noch vorhandenen Rest der positiven Lichtkohle oben heraus und verkürzt ihn auf die Länge von 90 mm. Dieses Ende wird dann als negative Kohle in dem unteren Kohlenhalter befestigt, die zentrale Schraube wird, soweit es geht, herausgeschraubt, damit das obere Ende der negativen Kohlen möglichst tief zu liegen kommt. Dann setzt man eine positive Lichtkohle oben ein und befestigt sie, indem man sie so weit eindrückt, wie es geht. Darauf wird erst die Messinghülse und dann die untere Messingkappe mit der negativen Kohle aufgesetzt. Der Anschluß an eine 110 voltige Stöpseldose wird hergestellt und der Strom mittels des am Stativ angebrachten Ausschalters eingeschaltet. Durch geringes Verschieben der Linse im wagerechten Rohransatz stellt man ein paralleles Lichtbündel her.

Wegen der geringen Stromstärke ist die Wärmeentwicklung der Bogenlampe so gering, daß bei der kleinen, kurzbrennweiten Beleuchtungslinse die Wasserkühlung, die bei den vorhin beschriebenen Apparaten mit großen Bogenlampen erforderlich war, überflüssig ist. Die Handlichkeit der kleinen optischen Lampe ist so groß im Vergleich zu den sonst gebräuchlichen großen Projektionslaternen, daß ich sie jetzt fast ausschließlich zu den optischen Versuchen verwende. Es sei schon hier die Bemerkung gestattet, daß alle optischen Demonstrationen, die ich mit dieser Lampe ausgeführt habe und noch später beschreiben werde, für den größten Hörsaal, geschweige denn für ein Schulzimmer ausreichen. Ein weiterer Vorteil liegt noch darin, daß das aus der Lampe austretende Strahlenbündel nur einen Durchmesser von etwa 3 cm hat. Man kann daher ohne Vorschalten irgend einer Blende die Spalten, Prismen, Polarisationsapparate u. s. w. in größerem Abstande von der Lampe aufstellen. Hierdurch gewinnt der Aufbau der optischen Versuchsanordnungen an Übersichtlichkeit und damit auch an Sicherheit des guten Funktionierens.

Endlich sei noch erwähnt, daß die kleine Projektionslampe auch mit einem getrennt angeordneten Vorschaltwiderstand versehen hergestellt wird. Sie erhält dann die in Fig. 6 dargestellte Form. Der Vorschaltwiderstand ist auf dem Stativ fest montiert. Dort, wo größere Stromschwankungen in der Stromzuleitung auftreten können, ist die getrennte Anordnung des Widerstandes vorzuziehen, weil man hierbei den Widerstand regulierbar machen, also den jeweiligen Spannungszuständen anpassen kann. Auch hierbei erfolgt der Anschluß unmittelbar an eine beliebige Ansteckdose oder an eine Glühlampenfassung, wo dann an Stelle der Glühlampe ein passender Schraubstöpsel eingesetzt wird. Der Ansatz am Objektiv ist ein schwarzer Glasspiegel zur Herstellung von linear-polarisiertem Licht*).



Fig. 6.

Darstellung der Ladungs- und Entladungsstromkurven von Kondensatoren mittels Glimmlichtoscillograph.

Von

Ernst Ruhmer in Berlin.

Die bisher bekannten Verfahren zur subjektiven Beobachtung und photographischen Aufnahme der Stromkurve bei der Ladung bzw. Entladung von Kondensatoren¹⁾ beruhen auf der Anwendung der Braunschen Röhre²⁾ oder eines Galvanometers von sehr geringer

*) Die Lampe wird in den verschiedenen Ausführungsformen von A. Krüß in Hamburg und E. Leybolds Nachf. in Köln a. R. geliefert.

¹⁾ Über Aufnahmen mit einer kontaktmacherartigen Vorrichtung, einem sogenannten Wellenmesser nach Grawinkel-Strecker (E.T.Z. 1891, S. 6) zur Untersuchung des Stromverlaufs in Telegraphenleitungen siehe Ad. Franke, E.T.Z. 1891, S. 103.

²⁾ F. Braun, Wied. Ann. 60, S. 557; 1897. J. Zenneck, Wied. Ann. 69, S. 838; 1899 und Elektromagnetische Schwingungen und drahtlose Telegraphie, Stuttgart 1905, S. 360. A. Wehnelt und B. Donath, Wied. Ann. 69, S. 861; 1899. F. Richarz und W. Ziegler, Ann. d. Phys. (4) 1, S. 468—473; 1900. H. Th. Simon und M. Reich, Phys. Zeitschr. 2, S. 289—291; 1901.

Trägheit, eines sogenannten Oscillographen³⁾ nach Blondel. In vorliegender Mitteilung soll ein neues Verfahren beschrieben werden, welches sich mit verhältnismäßig einfachen Mitteln unter Benutzung einer Glimmlichtoscillographenröhre⁴⁾ ausführen läßt.

Fig. 1 zeigt die Schaltungsanordnung. B ist die zur Ladung des Kondensators dienende Gleichstromquelle, W ist ein regulierbarer Widerstand, L ist eine Spule mit variabler Selbstinduktion, C der stöpselbare Kondensator, T ein Transformator, dessen primäre Spule von den Ladungs- bzw. Entladungsströmen durchflossen wird, während die Klemmen der sekundären Wicklung mit der Glimmlichtröhre G verbunden sind, U endlich ist eine auf der Achse des zur Beobachtung dienenden rotierenden Spiegels angebrachte Umschaltvorrichtung, um den Kondensatorkreis abwechselnd laden und entladen zu können. Dieser Kommutator besteht aus einem Hartgummizylinder, auf dessen Umfang ein Metallkontakt a angebracht ist, der mit der Achse des Spiegels leitend verbunden ist. Drei Metallbürsten c, d, e sind so angeordnet, daß die eine Bürste dauernd auf der Achse b schleift, während der Metallkontakt a bei einer Umdrehung abwechselnd mit den

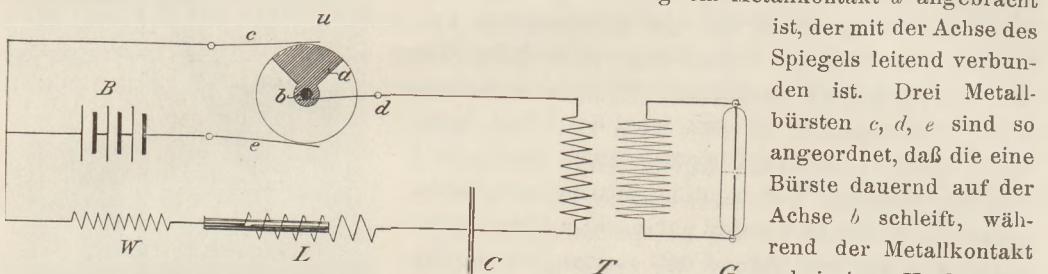


Fig. 1.

Bürsten c und e in Berührung kommt. Im letzteren Falle tritt die Ladung, im ersten Falle die Entladung des Kondensators ein.

Die Kontakte sind gut amalgamiert, damit die Kontaktgebung stets sicher und bei der gleichen Stellung des Spiegels erfolgt.

Die primäre Spule des Transformators durchfließenden Ladungs- und Entladungsströme des Kondensators induzieren in der sekundären Spule desselben Induktionsströme, die die Glimmlichtröhre speisen. Die aufeinander folgenden Glimmlichtbilder setzen stets bei der gleichen Spiegelstellung ein und überdecken sich bei gleichmäßiger Rotation des Spiegels

in ihrem ganzen Verlauf, so daß dieselben im Spiegel still zu stehen scheinen. Der gleichmäßige Gang des durch Uhrwerk oder Nebenschlußelektromotor angetriebenen Spiegels wird zweckmäßig durch einen kleinen Zentrifugalregulator, ähnlich wie bei Phonographen, reguliert.

Durch Veränderung der Kapazität des Kondensators und des Selbstinduktionskoeffizienten der Spule läßt sich der Einfluß auf die Wechselzahl der Schwingungskurve unmittelbar demonstrieren.

Durch Erhöhung des Widerstandes des Entladungskreises kann man die oszillatorische Ladung und Entladung in eine kontinuierliche verwandeln.

Die Anordnung gestattet nicht nur eine subjektive Beobachtung der Schwingungskurve im rotierenden Spiegel, sondern auch eine photographische Aufnahme derselben mit

³⁾ Rapports du Congrès international de physique 3, S. 264; 1900. F. Wittmann, Ann. d. Phys. (4) 12, S. 805—813; 1903.

⁴⁾ E. Gehrcke, Verhandl. d. Deutsch. Physikal. Gesellschaft VI, Nr. 9, S. 176—178; 1904. E. Ruhmer, E.T.Z. 26, S. 143; 1905 u. Ztschr. f. Instr. 25, S. 32; 1905.

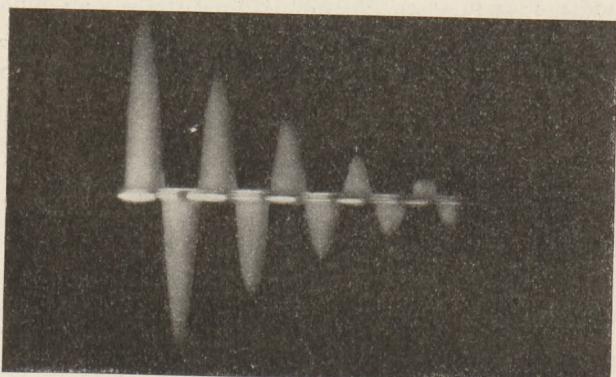


Fig. 2.

Hilfe eines gewöhnlichen photographischen Apparats. Man braucht nur auf das im rotierenden Spiegel stillstehende Glimmlichtbild einzustellen und einige Sekunden zu exponieren.

Bei der verhältnismäßig kräftigen photographischen Lichtwirkung der Glimmlichtröhre lassen sich aber auch ohne Anwendung eines rotierenden Spiegels kinematographische Aufnahmen direkt herstellen.

Fig. 2 zeigt eine derartige Aufnahme einer Entladungsstromkurve in halber natürlicher Größe, welche auf einer mit 4 m pro Sekunde bewegten photographischen Platte erhalten wurde.

Die Ladung des Paraffinkondensators von 102 Mikrofarad erfolgte durch Anlegen an eine Netzspannung von 220 Volt Gleichstrom. Der Widerstand W und die regulierbare Selbstinduktionsspule L waren ausgeschaltet, so daß nur der Widerstand und die Selbstinduktion der primären Spule des als Transformator benutzten 30 cm-Funkeninduktors wirksam waren.

Fig. 3 ist die nach der Photographie gezeichnete Schwingungskurve. Durch Ausmessung derselben (13 Wechsel auf 88 mm) ergibt sich die Wechselzahl zu ca. 590 Wechsel pro Sekunde.

Obwohl infolge der Verwendung einer Spule mit Eisenkern eine exakte Übereinstimmung der experimentellen Bestimmung mit der bekannten Thomsonschen Beziehung

$$n = \frac{1}{\pi \sqrt{C \cdot L}}$$

nicht zu erwarten ist, so möge doch eine diesbezügliche Prüfung durchgeführt werden.

Zunächst ist zu bemerken, daß die Abstände von zwei aufeinander folgenden Punkten, in denen die Schwingungskurve die Abszissenachse schneidet, nicht konstant sind. Da die Selbstinduktion der primären Spule mit der Stromstärke abnimmt, so müßten sich offenbar die Abstände, welche sich umgekehrt verhalten wie die Wechselzahlen, allmählich mit Abnahme des Selbstinduktionskoeffizienten verkleinern.

Dies ist tatsächlich der Fall, und ergibt so die photographische Aufnahme eine qualitative Bestätigung der Thomsonschen Formel. Nach Fig. 3 betragen nämlich die aufeinander folgenden Abstände 7,9, 7,85, 7,7, 7,5, 7,3, 7,2, 7,1, 7,0, 6,8, 6,25, 5,5, 5,1, 4,8 mm (in Summa 88 mm). Die letzte Schwingung bei geringer Stromstärke erfolgt also fast doppelt so schnell wie die erste bei maximaler Stromstärke.

Zur Beurteilung der quantitativen Übereinstimmung wurde die Selbstinduktion der primären Spule mittels Wechselstrom (50 Perioden) durch Messung der effektiven Spannung und Stromstärke bestimmt. Der Selbstinduktionskoeffizient ergab sich bei offener Sekundärwickelung zu 0,037 Henry, bei Belastung der Sekundärwicklung mit der Glimmlichtröhre, wenn die Länge des Glimmlichts etwa der mittleren Länge desselben bei der Kondensatorentladung entsprach, zu 0,0036 Henry.

Legt man letzteren Wert zugrunde, so ergibt sich:

$$n = \frac{1}{\pi \sqrt{C \cdot L}} = \frac{1}{\pi \sqrt{102 \cdot 10^{-6} \cdot 0,0036}} = \text{ca. } \frac{10^3}{1,884} = \text{ca. } 531 \text{ Wechsel pro Sek.},$$

während die Photographie 590 Wechsel pro Sekunde ergab.

Bestimmen wir endlich noch unter der angenäherten Annahme, daß die primären Stromstärken den sekundären, durch die Glimmlichtröhre gemessenen Stromstärken proportional sind, die Dämpfung durch Messung der Ordinaten zweier aufeinander folgender Amplituden derselben Seite.

Fig. 3 ergibt für die aufeinander folgenden Amplituden folgende Werte: 38,3, 30,5, 25,5, 20,5, 16,25, 13,5, 9,5, 7,8, 5,5, 5,0, 3,5, 3,0, 2,0 (?) mm. Das Amplitudenverhältnis ergibt sich also für die

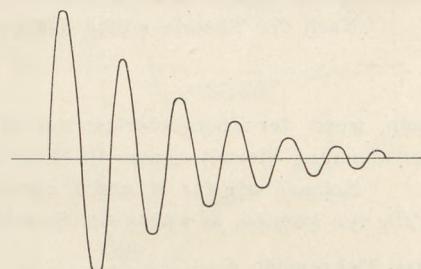


Fig. 3.

1. und	3. Amplitude zu 1,50
2. -	4. - - 1,50
3. -	5. - - 1,56
4. -	6. - - 1,51
5. -	7. - - 1,7
6. -	8. - - 1,7
7. -	9. - - 1,7
8. -	10. - - 1,6 u. s. w.

Der natürliche Logarithmus dieses Amplitudenverhältnisses, das Dekrement der Schwingung, nimmt daher allmählich von ca. 0,4 bis zu ca. 0,55 zu.

Nach der Theorie müßte das Dekrement

$$d = \frac{W}{L \cdot n}$$

sein, wenn der Energieverlust nur in Joulescher Wärme bestände. In quantitativer Übereinstimmung hiermit nimmt die Dämpfung mit Abnahme des Selbstinduktionskoeffizienten zu.

Nehmen wir für W und L die Werte für stationären Strom, was wir in vorliegendem Falle tun können, so würde sich theoretisch für $W = 0,25 \Omega$ und $L = 0,0036$ Henry bei $n = 590$ das Dekrement $d = \frac{0,25}{0,0036 \cdot 590} = \text{ca. } 0,12$ ergeben, welcher Wert einem ungefähr Amplitudenverhältnis von 1,13 entspricht.

Eine günstigere quantitative Übereinstimmung war von vornherein nicht zu erwarten, da sich die durch dielektrische Hysteresis und besonders die Hysteresis im Eisen bedingten Energieverluste einer genaueren Berechnung entziehen. Die experimentell festgestellte größere Dämpfung gegenüber der theoretischen Berechnung ist bereits von anderer

Seite¹⁾), z. B. auch bei der Untersuchung der Eigenschwingung des primären Kreises von Funkeninduktoren, festgestellt worden²⁾). Dort haben wir im Momente der Stromunterbrechung einen Schwingungskreis, dessen Kondensator bei der Stromunterbrechung geladen wurde, während der Strom in ihm Null ist. Der Kondensator entladet sich also, wenn man von der Phase absieht, genau wie bei der vorher benutzten Methode und vollführt Eigenschwingungen.

Allerdings werden die Verhältnisse

bei Funkenübergang zwischen den sekundären Klemmen infolge der ungleichen Rückwirkung des sekundären Kreises auf den primären bedeutend komplizierter.

An Stelle der Paraffinkondensatoren lassen sich zu den oben beschriebenen Versuchen auch elektrolytische Aluminiumkondensatoren verwenden.

Interessante Ladungs- und Entladungskurven erhält man im besonderen bei Anwendung eines elektrolytischen Gleichrichters, der bekanntlich nur in einer Stromrichtung polarisiert und als Kondensator wirkt, während er in der anderen Stromrichtung lediglich als Widerstand aufzufassen ist. Die mit derartigen elektrolytischen Kondensatoren bzw. Gleichrichtern erhaltenen Stromkurven sind allerdings von dem Polarisationszustande der Aluminium-elektroden abhängig. In Fig. 4 ist eine derartige Ladungs- und kurz darauf folgende Ent-

¹⁾ Vergl. Heinke, Handbuch der Elektrotechnik. Leipzig 1904. I, 2, S. 202.

²⁾ H. Armagnat, La bobine d'induction. Paris 1905. p. 32.

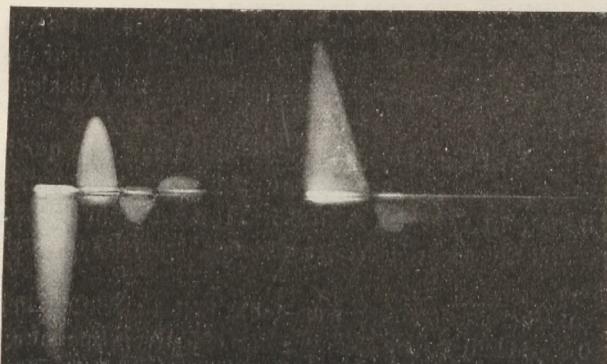


Fig. 4.

ladungsstromkurve eines Aluminium-Eisen-Gleichrichters in halber natürlicher Größe wiedergegeben.

Die Ladung erfolgt periodisch, die Entladung aperiodisch. Da die Aufnahme bei einer Geschwindigkeit der photographischen Platte von 3 m pro Sekunde erhalten wurde, so ergibt sich eine mittlere Wechselzahl von 240 Wechseln pro Sekunde. Da sich die Wechselzahlen umgekehrt verhalten wie die Quadratwurzeln aus den Kapazitäten, so würde sich die Kapazität des Aluminiumgleichrichters ca. $6\frac{1}{4}$ mal so groß als die Kapazität des bei den eingangs beschriebenen Versuchen benutzten Paraffinkondensators von 102 Mikrofarad, also zu etwa 637,5 Mikrofarad berechnen.

Die Dämpfung der Schwingung ist hier offenbar infolge der größeren Energieverluste im Kondensator bedeutend größer.

Das Amplitudenverhältnis beträgt etwa 5, das Dekrement dementsprechend 1,7.

Die Entladung erfolgt fast aperiodisch, was besonders deutlich hervortritt, wenn man sich nach den induzierten Stromkurven den primären Stromverlauf konstruiert. Derselbe ist in Fig. 5 schematisch wiedergegeben. Diese Kurven entsprechen auch jenen, die unter gleichen Versuchsbedingungen mit Hilfe einer Braunschen Röhre im rotierenden Spiegel beobachtet wurden.

Über die Anwendung der Glimmlichtoszillographenröhre bei sehr schuellen Kondensatoroszillationen, wie sie bei der elektrischen Wellentelegraphie Verwendung finden, soll demnächst berichtet werden.

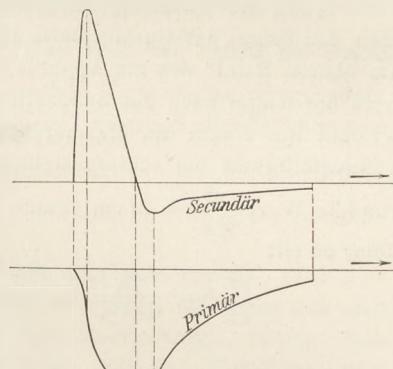


Fig. 5.

Stoßversuche mit unvollkommen elastischen Kugeln.

Von

Hermann Seidler in Bielitz.

Zur Demonstration des schießen Wurfes kann man sich, wenn eine besondere Genauigkeit nicht gefordert wird, einer sehr einfachen Vorrichtung bedienen. Mittels des gewöhnlichen Reflexionsapparates¹⁾), der aus einer um eine horizontale Achse drehbaren Marmorplatte mit Elfenbeinkugel und Auffangnetz besteht, macht man — wenigstens annähernd — die Gleichheit des Einfalls- und Reflexionswinkels anschaulich. Entfernt man aber das Netz (Figur 1) und stellt den Zeiger der Marmorplatte auf 15° , $22\frac{1}{2}^\circ$ und 30° , so beschreibt die Kugel drei Parabeln mit den Elevationswinkeln 60° , 45° und 30° . Um die Bahn der Kugel besser verfolgen zu können, stellt man rückwärts ein vertikales schwarzes Brett auf, auf welchem die drei Parabeln mit Kreide vorgezeichnet werden. Man erkennt leicht, daß die Wurfweiten bei 60° und 30° nahezu gleich sind und daß die Wurfweite bei 45° ein Maximum wird. Auch beiläufige Messungen geben noch befriedigende Resultate. In erster Annäherung erhält man aus den mit Kreide gezeichneten Parabeln für die Steighöhen und Wurfweiten in runden Zahlen die Angaben $H_1 = 30$ cm, $H_2 = 20$ cm, $H_3 = 10$ cm und $W_1 = 70$ cm, $W_2 = 80$ cm, $W_3 = 70$ cm, wobei die Indizes für die Elevationswinkel 60° , 45° , 30° gelten. Die gemessenen Strecken stellen nur Mittelwerte vor und können schon aus dem Grunde nicht genau fixiert werden, weil oftmalige Versuche lehren, daß die bei gleichen Einstellungswinkeln beschriebenen Kurven nicht unerheblich voneinander abweichen. Man wird z. B. finden, daß die Wurfweite für 45° oft größer als 80 cm, die Weite für 60° manchmal kleiner als 70 cm ist. Ähnliche Abweichungen kann man bei den Steighöhen beobachten.

¹⁾ Der in Figur 1 abgebildete Apparat wird von der Firma Lenoir & Forster in Wien geliefert.
U. XIX.

Aus den Gleichungen $H = \frac{c^2}{2g} \cdot \sin^2 \alpha$ und $W = \frac{c^2}{g} \cdot \sin 2\alpha$ erhält man durch Division $\frac{\text{tg } \alpha}{W} = \frac{4H}{c^2}$; durch Substitution der gefundenen Näherungswerte ergibt sich:

$$\text{tg } \alpha_1 = \frac{120}{70} \approx 1,7, \quad \alpha_1 \approx 60^\circ; \quad \text{tg } \alpha_2 = \frac{80}{80} = 1, \quad \alpha_2 = 45^\circ; \quad \text{tg } \alpha_3 = \frac{40}{70} \approx 0,57, \quad \alpha_3 \approx 30^\circ.$$

Auch die Anfangsgeschwindigkeit c läßt sich durch den Versuch bestimmen. Stellt man den Zeiger der Marmorplatte auf 0° , die Platte selbst also horizontal, und läßt die Kugel am oberen Rande des am Apparat befestigten Messingrohres in einer Höhe von 68 cm los, so wird die Kugel nach der Reflexion bis 43 cm steigen. Die Geschwindigkeit $c = \sqrt{2g \cdot 43}$, mit welcher die Kugel die Marmorplatte verläßt, ist in erster Annäherung auch die Auswurfgeschwindigkeit bei schiefgestellter Plattheit. Der durch den Versuch gefundene und abgerundete Wert $\frac{c^2}{2g} \approx 40$ cm stimmt mit den durch die Rechnung ermittelten Zahlen überein; denn es ist:

$$\frac{c^2}{2g} = \frac{H_1}{\sin^2 \alpha_1} = \frac{30}{\frac{3}{4}} = 40 \text{ cm}; \quad \frac{c^2}{2g} = \frac{H_2}{\sin^2 \alpha_2} = \frac{20}{\frac{1}{2}} = 40 \text{ cm};$$

$$\frac{c^2}{2g} = \frac{H_3}{\sin^2 \alpha_3} = \frac{10}{\frac{1}{4}} = 40 \text{ cm}.$$

Gerade der Umstand, daß wir für $\frac{c^2}{2g}$ nicht 68 cm, sondern nur 43 cm zu wählen

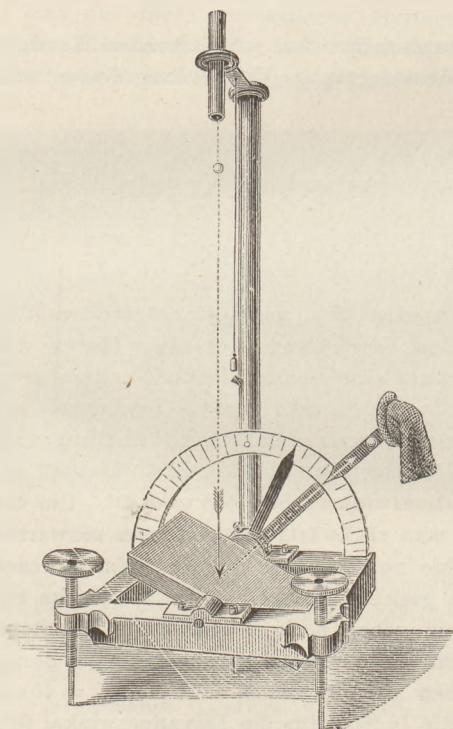


Fig. 1.

haben, bringt uns die Überzeugung, daß Rechnung und Messung besser harmonieren würden, wenn wir die Reflexionsgesetze unvollkommen elastischer Massen genauer berücksichtigen wollten. Der beim Stoß hervorgerufene Verlust an kinetischer Energie hat eben nicht nur eine Verkleinerung der Geschwindigkeit, sondern auch eine Vergrößerung des Reflexionswinkels zur Folge. Als Schulbeispiel möge folgende Aufgabe dienen:

Eine Kugel stößt unter dem Einfallswinkel $\varphi = 30^\circ$ schießt gegen eine feste Wand; durch den Stoß geht die Hälfte der kinetischen Energie verloren. Wie groß ist der Reflexionswinkel ψ ?

Von den beiden Komponenten, in welche man die Anfangsgeschwindigkeit v zerlegen kann, wird die zur festen Wand parallele Komponente $v_p = v \sin \varphi = \frac{v}{2}$ durch den Stoß nicht beeinflußt; die Normalkomponente $v_n = v \cos \varphi = \frac{v}{2} \sqrt{3}$ wird aber in eine kleinere Geschwindigkeit z in entgegengesetzter Richtung verwandelt. Setzt man nun die Komponenten nach dem Stoß wieder zu einer Resultierenden zusammen, so erhält man unter Berücksichtigung des vorgeschriebenen Energieverlustes die Gleichung

$$\frac{1}{2} m z^2 + \frac{1}{2} m \frac{v^2}{4} = \frac{1}{4} m v^2 \quad \text{oder} \quad z^2 + \frac{v^2}{4} = \frac{v^2}{2},$$

woraus $z = \frac{v}{2}$ folgt; der Reflexionswinkel ist also $\psi = 45^\circ$.

Bezeichnet man allgemein die Geschwindigkeit vor dem Stoße mit v und jene nach dem Stoße mit c , so erhält man die Gleichung $c \sin \psi = v \sin \varphi$ oder $\frac{c}{v} = \frac{\sin \varphi}{\sin \psi}$. Das

Brechungsgesetz weist dieselbe Form auf; doch besteht ein wesentlicher Unterschied darin, daß bei der Reflexion unelastischer Massen die Geschwindigkeit c nicht konstant ist, sondern selbst mit dem Einfallswinkel variiert. Der Quotient $\frac{c}{v}$ ist daher auch veränderlich und hat für den speziellen Fall $\varphi = 0^\circ$, $\psi = 0^\circ$, wenn also die Marmorplatte horizontal steht, den Namen „Stoßkoeffizient“ erhalten. Er ist für kleinere Falltiefen konstant und nur von der Elastizität des verwendeten Materials abhängig. Wir wollen ihn mit n bezeichnen. Bedeuten H und h Falltiefe und Steighöhe, so ist $n = \sqrt{\frac{h}{H}}$. Stellt man aber den Zeiger der Platte auf den Einfallswinkel φ , so bleibt nur die zur Platte parallele Komponente unverändert, während die Normalkomponente n -mal kleiner wird. Es bestehen demnach die Gleichungen:

$$\begin{aligned} v_p &= v \sin \varphi; \quad v_n = n v \cos \varphi. \\ c^2 &= v^2 (n^2 \cos^2 \varphi + \sin^2 \varphi). \\ \operatorname{ctg} \psi &= n \operatorname{ctg} \varphi. \end{aligned}$$

Der Elevationswinkel, unter dem die Kugel die Horizontalebene verläßt, wird $\alpha = 90^\circ - (\varphi + \psi)$. Um die Vergrößerung des Reflexionswinkels zu erkennen, eignet sich statt der Elfenbeinkugel eine weniger elastische Kugel, z. B. eine Messingkugel, besser. Man wird schon bei einer ganz oberflächlichen Beobachtung, indem man den Elevationswinkel bloß abschätzt, finden, daß der Reflexionswinkel den Einfallswinkel weit übertreffen muß. Es gibt aber ein sehr einfaches Mittel, um den Reflexionswinkel ganz genau zu bestimmen. Läßt man nämlich den Einfallswinkel immer größer werden, so wird der Elevationswinkel stets kleiner; endlich muß er 0° werden. Der schiefe Wurf geht in den horizontalen Wurf über. Diese Grenze des Einfallswinkels kann man dadurch genau fixieren, daß man in der Höhe der halben Marmorplatte möglichst nahe ein horizontales Brett aufstellt. Ist der Grenzwinkel erreicht, so wird die Kugel horizontal abgestoßen und auf dem Brette fortrollen; ist der Winkel aber nur um 1° größer, so wird die Kugel das Brett nicht mehr erreichen, sie wird vielleicht nur mehr den Rand desselben treffen oder noch tiefer sinken. Dieser Grenzwinkel betrug für eine Glaskugel 43° , für die Elfenbeinkugel 42° , für eine Steinkugel 38° , für eine Messingkugel (I) 34° , für eine andere Messingkugel (II) nur 31° .

Dieser Versuch, der keiner umständlichen Vorbereitungen bedarf und von sämtlichen Schülern gleichzeitig beobachtet werden kann, ist äußerst anschaulich und gewährt außerdem den Vorteil, daß man auf diese Weise den Stoßkoeffizienten mit großer Genauigkeit bestimmen kann. Nennt man den Grenzwinkel ω , so ist der Reflexionswinkel $90^\circ - \omega$, $\alpha = 0^\circ$; der Stoßkoeffizient wird daher $n = \operatorname{tg}^2 \omega$.

Für die Elfenbeinkugel war nach obiger Angabe $\omega = 42^\circ$; demnach ist $n = \operatorname{tg}^2 42^\circ = 0,81$; vergleicht man damit den Wert, welchen man für n aus der Formel $n = \sqrt{\frac{43}{68}} = 0,7952 \pm 0,80$ erhält, so sieht man, daß beide Zahlen einander sehr nahe kommen. Da die Steighöhe $h = 43$ cm wohl schwerlich genau bestimmt werden kann, so verdient die Ermittlung des Stoßkoeffizienten mit Hilfe des Grenzwinkels den Vorzug. Da für weitere Versuche auch die Messingkugel II benutzt wurde, so möge auch für diese der Stoßkoeffizient berechnet werden. Ihre Steighöhe h betrug 9 cm, der Grenzwinkel war 31° ; daher ist einerseits $n = \sqrt{\frac{9}{68}} = 0,36$, andererseits $n = \operatorname{tg}^2 31^\circ = 0,36$. Die Übereinstimmung ist eine vollständige. Die Messingkugel stieg bei einem Einfallswinkel $\varphi = 15^\circ$ ungefähr 5 cm hoch und erreichte eine Wurfweite von 24 cm im Mittel; bei $\varphi = 22\frac{1}{2}^\circ$ war die Steighöhe 2 cm, die Wurfweite aber nur 20 cm. Die Kürze der letzteren zeigt deutlich, wie sehr die Reflexionswinkel von den Einfallswinkeln abweichen müssen, da doch beim vollkommen elastischen Stoß gerade bei $\varphi = 22\frac{1}{2}^\circ$ das Maximum der Wurfweite eintritt. Bei $\varphi = 30^\circ$ konnte eine Messung überhaupt nicht vorgenommen werden, da die Kugel nahezu horizontal abstieß.

Die Konstanten c und α des schießen Wurfs werden also durch die Veränderlichkeit des Reflexionswinkels bedeutend modifiziert. Betrachtet man die Fallhöhe H als konstant

und den Einfallswinkel φ als die unabhängige Variable, so geht die Steighöhe H des schießen Wurfes über in

$$H = \frac{c^2}{2g} \sin^2 \alpha = \frac{v^2}{2g} \frac{\sin^2 \varphi}{\sin^2 \psi} \cos^2(\varphi + \psi) = H \left[\frac{\sin \varphi}{\sin \psi} (\cos \varphi \cos \psi - \sin \varphi \sin \psi) \right]^2 =$$

$$H(\sin \varphi \cos \varphi n \operatorname{ctg} \varphi - \sin^2 \varphi)^2 = H(n \cos^2 \varphi - \sin^2 \varphi)^2.$$

Die Wurfweite wird

$$W = \frac{c^2}{2g} 4 \sin \alpha \cos \alpha = \frac{v^2}{2g} \frac{\sin^2 \varphi}{\sin^2 \psi} 4 \cos(\varphi + \psi) \sin(\varphi + \psi) =$$

$$H \cdot 4 (\sin \varphi \cos \varphi n \operatorname{ctg} \varphi - \sin^2 \varphi) (\sin^2 \varphi n \operatorname{ctg} \varphi + \sin \varphi \cos \varphi) =$$

$$4 H(n \cos^2 \varphi - \sin^2 \varphi) (n \sin \varphi \cos \varphi + \sin \varphi \cos \varphi) = 4(n+1) H(n \cos^2 \varphi - \sin^2 \varphi) \sin \varphi \cos \varphi =$$

$$2(n+1) H(n \cos^2 \varphi - \sin^2 \varphi) \sin 2\varphi.$$

Berechnet man nach diesen Formeln Steighöhe und Wurfweite für die Elfenbeinkugel und die Messingkugel II, so erhalten wir folgende Tabelle, in welcher auch die jeweiligen Reflexions- und Elevationswinkel aufgenommen wurden:

Fallhöhe $H = 68 \text{ cm}$	Elfenbeinkugel ($n = 0,81$)				Messingkugel ($n = 0,36$)			
	φ	H	W	ψ	α	H	W	ψ
15°	33	85	18°	57°		5	25	36 1/2°
22 1/2°	20	95	27°	40 1/2°		2	21	49°
30°	9	77	35 1/2°	24 1/2°		—	—	fast 60°
								fast 0°

Die Steighöhen der Elfenbeinkugel stimmen mit den anfangs erwähnten rohen Annahmen von 30, 20 und 10 cm ziemlich überein; die Wurfweiten aber zeigen bedeutende Differenzen, indem die beobachteten Werte weit hinter den berechneten zurückbleiben. Die Ursache davon ist der Luftwiderstand, der die Geschwindigkeit der leichten Elfenbeinkugel stark vermindert, den absteigenden Teil der Kurve steiler gestaltet und die Wurfweite verkürzt. Man kann sich davon leicht überzeugen, wenn man sich bemüht, Steighöhe und halbe Wurfweite genauer zu bestimmen. Zu diesem Zwecke stellt man der fliegenden Kugel eine vertikale beruhte Glasplatte entgegen und verschiebt sie in horizontaler Richtung so lange, bis sie im höchsten Punkte der Kurve getroffen wird. Auch kann man einen Stab horizontal an einem Stativ so hoch einklemmen, daß ihn die Kugel gerade noch zu überspringen vermag. Die horizontale Entfernung der Platte oder des Stabes vom Anfangspunkte der Bewegung wird größer als die halbe wirklich erreichte Wurfweite sein und der Hälfte der berechneten Wurfweite nahekommen. Man sieht ferner, daß die anfangs erwähnte Übereinstimmung von Versuch und Rechnung nur eine scheinbare ist, da die Elevationswinkel vor 60°, 45° und 30° sich nur aus der verkürzten Wurfweite ergeben. Der Luftwiderstand beeinflußt die Geschwindigkeit der schweren Messingkugel viel weniger.

Die Differenz der Reflexionswinkel und Einfallswinkel ist bei der Elfenbeinkugel anfangs nur 3°, dann 4 1/2°, endlich 5 1/2°. Sie erreicht, wie die Rechnung lehrt, für den Grenzwinkel $\omega = 42^\circ$ ihr Maximum 6°.

Nicht uninteressant ist die Beantwortung der Frage nach der größten Wurfweite. Differenziert man den Ausdruck für W nach φ , so ergibt sich $\operatorname{tg}^4 \varphi - 3(n+1) \operatorname{tg}^2 \varphi + n = 0$; es ist daher

$$\operatorname{tg} \varphi = \sqrt{\frac{3}{2}(n+1)} \pm \sqrt{\left[\frac{3}{2}(n+1)\right]^2 - n}$$

oder auch

$$\operatorname{tg} \varphi = \frac{1}{2} [\sqrt{3(n+1) + 2\sqrt{n}} \pm \sqrt{3(n+1) - 2\sqrt{n}}],$$

wobei jedoch nur das negative Zeichen gewählt werden kann. Für den vollkommen elastischen Stoß ist $n=1$ und $\operatorname{tg} \varphi = \frac{1}{2}[2\sqrt{2} - 2] = \sqrt{2} - 1$; $\varphi = 22 1/2^\circ$, $\alpha = 45^\circ$. Für die

Elfenbeinkugel ist $\operatorname{tg} \varphi \neq 0,4$; der Elevationswinkel weicht von 45° nur wenig ab. Dagegen ist für die Messingkugel $\operatorname{tg} \varphi \neq 0,3$; der Einfallswinkel beträgt beiläufig 17° , der Reflexionswinkel 40° , der Elevationswinkel 33° .

Auch der horizontale Wurf kann in einfacher Weise demonstriert werden. Man muß zu diesem Zwecke die Platte auf den Grenzwinkel einstellen. Dann ist $\psi = 90^\circ - \varphi$ und $c = v \operatorname{tg} \omega = v \sqrt{n}$; die Elfenbeinkugel würde daher mit der Geschwindigkeit

$$c = \sqrt{0,81 \cdot 2 \cdot 981 \cdot 68} \approx 330 \text{ cm/sec}^{-1}$$

die Platte verlassen. Läßt man die Kugel H cm fallen, so wird sie sich um das Stück $2 H \sqrt{n}$ cm in horizontaler Richtung vom Ausgangspunkte der Bewegung entfernen.

Es wäre praktisch, den Reflexionsapparat so umzugestalten, daß die drehbare Marmorplatte vertikal verschoben werden könnte. Auch wäre es wünschenswert, wenn Kugeln und auswechselbare Platten aus verschiedenem Material beigegeben würden.

Die Verwendung des Verdrängungsapparates.

Von

Prof. H. Rebenstorff in Dresden.

1. Als Volumenometer wird seit der Araber Zeiten das Gefäß mit seitlichem Abflußrohr benutzt (vergl. d. Zschr. IV 217). Durch die Anschaulichkeit, mit der das verdrängte Wasser zur Absonderung und ziemlich genauen Messung gelangt, ist der Apparat ein unentbehrliches Hilfsmittel des Unterrichts geworden. Man kann den Anwendungsbereich noch erweitern. Jedoch zunächst einiges über Vergleichsversuche mit den verschiedenen Konstruktionen, wobei die Abflußröhren (zur Beurteilung der Zeitdauer des Abflusses) gleich weit gemacht wurden. Man sieht diese Röhren bisweilen noch in der primitiven, wagerechten und geraden Form abgebildet. Aus einer solchen fließen die letzten Mengen des verdrängten Wassers tropfenweise und endlos langsamer ab. Die verbesserten Formen geben der Röhre ein Gefälle und dem im Gefäß befindlichen Ende eine solche Stellung, daß die Einströmungsöffnung wagerecht liegt.

WEINHOLD (Demonstr., 3. Aufl., S. 55) gestaltet ferner das äußere Rohrende heberartig (Gefälle 1 cm), wodurch das Ausfließen zum momentanen Aufhören kommen kann, wenn der kleine Heber bei sehr langsam gewordenem Nachfließen sich entleert. Ist der Rand der Einströmungsöffnung noch ganz rein, also vollkommen benetzbar, so fließt ein wenig mehr Wasser ab, als wenn durch an den Untersuchungskörpern selten fehlende Fettspure die Adhäsion an der kritischen Stelle sich verschlechtert. Gleichmäßigkeit und stets momentanes Aufhören des Fließens erzielt man durch die gleich anzugebende Behandlung der Röhre. 200 ccm Wasser flossen aus dem Apparate in 40 Sekunden ab.

Bei dem aus einer Flasche mit abgesprengtem Boden leicht herstellbaren Verdrängungsapparate von NIEMÖLLER (d. Zschr. VIII 39) ist die Aufstellung in Stativringen nicht leicht genügend standfest zu machen, damit geringe Erschütterungen des Tisches nicht die Ebenheit der Wasseroberfläche und damit das Abfließen beeinträchtigen. Der eingesenkte Körper darf ferner nicht die unten befindliche Biegung des Abflußrohres b (Fig. 2) belasten, da sonst dessen Öffnung tiefer gedrückt wird, was einen großen Fehler erzeugt. Für gewöhnlich findet nach anfänglich sehr schnellem Abfließen langes Nachtropfen statt. Die angedeutete Behandlung der Röhren zur Beseitigung dieses Übelstandes besteht einfach darin, daß man alle Adhäsion an der Einflußöffnung aufhebt. Betupfen der rund geschmolzenen Rohröffnung mit Hahnfett genügt, macht aber durch Verunreinigung der Wasseroberflächen die Wandbenetzung

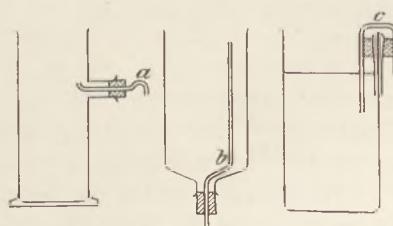


Fig. 1.

im Meßzylinder häßlich und Fehler verursachend. Dies fällt bei Verwendung von Paraffin fort. Man erwärmt das Rohrende gelinde, tupft es auf ein Stück Paraffin und läßt es mit der Öffnung nach unten erkalten. Zur Erneuerung des Paraffinrandes nach dem Verstauben erwärme man nicht den Rand selbst zuerst in der Flamme, sondern den etwas zurückliegenden Rohrteil, da sich sonst das Paraffin in die Biegung des Rohr- endes hineinzieht. Beim Einsetzen der Röhre verhüte man ein Abkratzen der übrigens fest haftenden Randbedeckung. Auch durch Bestreichen mit Aluminium kann man die Adhäsion genügend aufheben; eine benetzte Glasplatte mit Aluminiumstrich zeigt Zurücktreten des Wassers von dem Striche. Nach Reiben des Glases mit Kalilauge oder Wasser- glaslösung spült man etwas ab und streicht das Metall auf. Den Beginn der Adhäsion fühlt man dabei an der starken Zunahme der Reibung. Durch so vorgerichtete Röhren flossen aus der Niemöllerschen Flasche 200 ccm Wasser in 16 Sekunden ab, einschließlich einer ganz schnellen Folge von etwa einem Dutzend Tropfen, die plötzlich aufhörten. Auch die Hebervorrichtung c (Fig. 1) von HARTL (d. Zschr. XI 280) wurde aus demselben Glasrohr vorgerichtet. 200 ccm flossen in 80 Sekunden ab. Diese Langsamkeit wird man nur in Kauf nehmen, wenn man ganz wenige Versuche ausführen will. Der Fehler der Bestimmungen ist etwa $\frac{2}{10}$ ccm.

2. Die Aufhebung der Adhäsion an der inneren Rohröffnung bildet nach meinen Versuchen einen Ersatz für die Heberbiegung am äußeren Ende. Besonders wenn letztere ganz wenig zu hoch geraten ist, tritt ein geringes Nachrinnen ein, das übrigens durch das erwähnte Mittel ganz zu beseitigen ist. Auch schwache Wellenbewegung an der Wasser- oberfläche ruft das zum Aufhören gekommene Fließen nicht wieder hervor. Die Herstellung des Rohres ist sehr einfach. Damit die runde Öffnung beim Aufbiegen kurz vor dem Ende nicht verzerrt wird, sucht man sich ein zweites Röhrchen, das gerade noch über das zu biegende geschoben werden kann. Nach kräftigem Erhitzen des Rohrendes schiebt man das bisher nur angewärmte zweite Röhrchen einige mm weit auf und biegt außerhalb der Flamme rechtwinklig um. Dann erhitzt man die Biegung und den nächsten zurückliegenden Rohrteil aufs neue und macht mit dem Hilfsröhrchen durch einen Druck nach unten die Biegung e wie in der Fig. 2. Bei dem festen Einsetzen des Korkes in den Seitentubus des Verdrängungsapparates richtet man im allgemeinen das Röhrchen so, daß die Einflußöffnung etwa 1 cm ins Gefäßinnere vorspringt und so hoch liegt, daß der Seitentubus beim Ablauen gefüllt bleibt.

Erwünscht ist es, den ganzen zylindrischen Gefäßraum für das Einsenken frei zu haben. Auch ohne den Tubus besonders weit anfertigen zu lassen, kann man sich mit dem vorhandenen gewöhnlichen Verdrängungsapparat mit 2 cm weitem Seitentubus folgendermaßen einrichten. Der Kork k wird exzentrisch durchbohrt und mit dem Röhrchen so eingesetzt, daß die Einströmungsöffnung etwa in die Mitte des Tubus gelangt. Man achte beim Einsenken der Körper darauf, daß nicht im Tubus eine Luftblase bleibt. Durch wiederholtes Auffangen und Abmessen derselben eingegossenen Wassermenge muß man sich vor den Versuchen, wenn diese als genauere gelten sollen, bei den Verdrängungsapparaten aller Art von der Gleichmäßigkeit des Abfließens überzeugen. Verunreinigung der Gefäßwände, besonders aber im Innern des Abflußröhrchens, können die Ergebnisse beeinträchtigen. Mit einem in einzelne ccm geteilten Meßzylinder waren in vielen Fällen die Abweichungen der einzelnen Messungen nicht erkennbar; sonst betragen sie wenige Zehntel ccm, wenn nicht eine Störung, z. B. durch Erschütterungen, eintrat, die an der Art des Abfließens schon erkennbar war.

Für Klassenversuche möchte ich die Benutzung des beschriebenen Röhrchens für vorteilhaft halten, da die Wassermengen in etwa derselben Zeit abfließen, in der die beim Einsenken entstehenden Wellen sich verlaufen. Unter Beibehaltung des Gefäßes von 1 cm (WEINHOLD) dauerte das Abfließen von 100 ccm Wasser 16 Sekunden, von 200 ccm 28 Sekunden. Die Beschleunigung kann durch Verlängerung des Abflußröhrchens mittels Schlauchstückes vergrößert werden, wenn viel Wasser zum Abfluß kommen soll, da der bei größerem

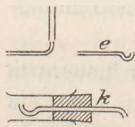


Fig. 2.

Gefälle bedeutendere Fehler dann weniger in Betracht kommt. Bei 75 mm Gefälle flossen 100 bzw. 200 ccm in 11 bzw. 17 Sekunden ab. Sind anderseits kleinere Volumina zu bestimmen, so scheint mir die HARTLSche Hebervorrichtung am geeignetsten, da die Wellenbildung infolge Einsenkens das Abfließen nicht stören.

3. Bisher wurde der Apparat wohl nur zur Bestimmung des Volumens untersinkender fester Körper sowie der Wasserverdrängung schwimmender Körper benutzt. Nach HARTL (a. a. O.) zeigt man damit auch die Gültigkeit der Gesetze des Schwimmens für schwerere Körper, die durch Oberflächenspannung vor dem Untersinken bewahrt bleiben. Das spez. Gew. eines Holzklötzchens kann man nach d. Zschr. XII 286 mit dem Apparate ohne Wägen feststellen. Bequemer ist es noch, den zunächst schwimmenden Klotz dann mittels eines in ein Loch geschobenen steifen Drahtes unter das Wasser gedrückt zu halten.

Um das spez. Gew. eines hohlen, offenen Körpers, z. B. eines kleinen Trinkglases oder einer abgesprengten Flasche, zu bestimmen, sieht man zunächst nach, ob und wieviel man Wasser einbringen muß, damit das Glas aufrecht schwimmt. Man bindet um das getrocknete Glas einen Bindfaden und senkt es in den durch Nachgießen von Wasser und Ablaufenlassen vorbereiteten Apparat, so daß es gleich anfangs ganz voll Wasser fließt, gleichsam schöpfend ein. Ist das Glas hierzu zu hoch, so gießt man durch Neigen des Verdrängungsapparates es ziemlich voll und senkt es so ein; der Faden wird dann wie ein Eimerhenkel angebracht. Das ausgeflossene Wasser zeigt im Meßzylinder das Volumen des Glases. zieht man dies hierauf heraus, gießt das Wasser hinreichend weit zurück und läßt es nun im Verdrängungsapparate schwimmen, so gibt die ganze verdrängte Wassermenge das Gewicht des Glases an.

4. Zu zahlreichen Versuchen ist ein Verdrängungsapparat mit Schwimmbecher (Fig. 3) geeignet, der von der Firma Max Kohl in Chemnitz geliefert wird. Für das Einsenken ist der ganze zylindrische Gefäßraum frei, und das nur in den Seitentubus hineinragende Abflußrörchen kann nicht angerührt und dadurch die Niveaustellung sehr fehlerhaft gemacht werden. Hierfür ist dem Seitentubus ein elliptischer, vertikal gestreckter Querschnitt gegeben worden. In seine wieder kreisrunde Öffnung passen zwei beigegebene Korken mit Abflußrörchen; das eine mit Heberbiegung nach Weinhold, das andere mit nur umgebogenen Enden, von denen das innere nach Neuparaffinierung durch den beschriebenen Handgriff ein vorzüglich gleichmäßiges und augenblicklich aufhörendes Abfließen bewirkt. Der Schwimmbecher hat unten 3 seitliche Vorsprünge, die ihn in der Mitte halten. Ein hineingelegter Körper erneuert den Abfluß von Wasser, dessen Menge das Gewicht der Belastung ergibt.

5. Das spez. Gew. von Flüssigkeiten findet man, indem man nach Einsetzen des Schwimmers und Abfließenlassen nun aus dem Meßzylinder z. B. 100 ccm der Flüssigkeit in den Schwimmer gießt. Dieser bleibt innen trocken, wenn man ein zweites Becherglas einsetzt und mit diesem zusammen die Füllung des Apparates sich einstellen läßt. Oder man bringt statt dessen einen leeren 100 ccm Meßkolben ein, den man dann nach Füllung mit der Flüssigkeit wieder einsetzt. Das im Meßzylinder aufgefangene Wasser gibt sofort die gesuchte Zahl.

6. Recht wertvoll ist der Verdrängungsapparat für die Bestimmung von Gasvolumina. Statt des Schwimmers wird eine Flasche mit abgesprengtem Boden (Fig. 4) eingesetzt, die

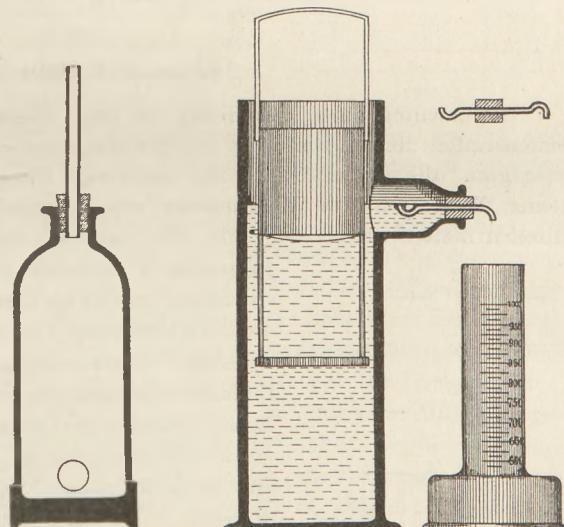


Fig. 3.

unten durch einen Bleiring (Abschnitt einer Platte, Befestigung mit Siegellack) beschwert ist und im Gummipropfen ein Glasrohr trägt (s. auch die Glocke des Apparates von Max Kohl, Fig. 3). Die bei allen Gasmessungen so wichtige Rücksicht auf die Temperatur ist hier sehr einfach zu nehmen, während beim Abmessen in zylindrischen Röhren der durchschnittliche Wärmegrad schwerer bestimmbar ist. Das nach dem Zuleiten des Gases verdrängte Wasser ergibt im Meßzylinder sofort das Volumen. Das Verfahren kann z. B. eine bequeme Anwendung finden bei der Bestimmung der im Voltameter entwickelten Knallgasmenge, des Ausdehnungskoeffizienten von Luft (Eintauchen eines größeren, trockenen Kolbens

in siedendes Wasser), Prüfung des Mariotteschen Gesetzes mittels eines kleinen Kessels mit Manometer und komprimierter Luft und bei zahlreichen chemischen Versuchen. Bezuglich der einfachen, für Unterrichtsversuche hinreichend genauen Reduktion auf normalen Druck und Temperatur verweise ich auf die Mitteilung über „einige quantitative chemische Versuche“ ds. Zeitschr. XVIII, 277. Am Schluß der Messung ist der Druck in der Flasche und den angeschlossenen Gefäßen natürlich ein wenig erhöht. Auf je 10 cm Druckhöhe des

Wassers ist $\frac{1}{100}$ des Volumens diesem zuzuzählen.

Ist man wegen der an Schlusse der Gaseinleitung vielfach eintretenden Verlangsamung derselben im Zweifel über die Gleichmäßigkeit des Wasserabflusses, so gießt man einfach z. B. 100 ccm Wasser in den Verdrängungsapparat und subtrahiert diese Menge von dem aufgefangenen Volumen. Diese Kontrolle kann man bei allen Versuchen beliebig wiederholen.

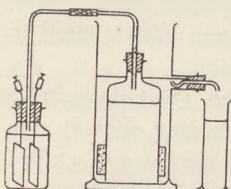


Fig. 4.

Über die Abstimmung von Schwingungskreisen.

Von

Dr. JOH. J. C. MÜLLER in Bremen.

Im nachfolgenden beschreibe ich eine Versuchsanordnung, die sich sehr gut zur Demonstration der Abstimmung von Schwingungskreisen eignet. Die Anordnung entspricht derjenigen, die in der Praxis der drahtlosen Telegraphie gebräuchlich ist und in sehr bequemer Weise mit dem Wellenmesser von FRANKE-DÖNITZ ausgeführt wird. In der Physikalischen Zeitschrift (Bd. 6, S. 231; 1905) habe ich einen Plattenkondensator mit veränderlicher

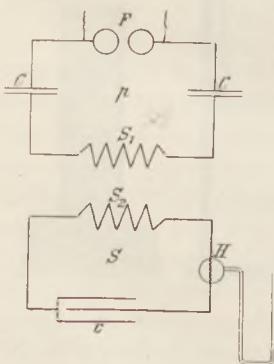


Fig. 1.

Kapazität in einfacher Ausführung angegeben, mit dem die Abstimmung gut vorgeführt werden kann. Bei den im nachfolgenden beschriebenen Versuchen verwende ich statt des eben erwähnten Plattenkondensators eine Reihe von parallel geschalteten Leidener Flaschen von verschiedener Kapazität. Die größte unter diesen Flaschen ist 160 mm hoch bei 80 mm Durchmesser; sie ist, von der Bodenfläche an gemessen, bis zu einer Höhe von 100 mm mit Stanniol belegt. Außerdem benutze ich einige kleinere Flaschen f von 30 mm Durchmesser und 60 mm Höhe, die zur Höhe von 45 mm mit Stanniol belegt sind, und ferner Flaschen derselben Größe mit kleinerer Stanniolbelegung und dementsprechend geringerer Kapazität. Die Kapazität im sekundären Schwingungskreise wird dadurch geändert, daß die große Flasche F mit einer oder mehreren der kleineren Flaschen parallel geschaltet wird.

Der primäre Schwingungskreis p enthält die Funkenstrecke F (Fig. 1) zwischen zwei sauberen Messingkugeln von 12 mm Durchmesser. Zu beiden Seiten der Funkenstrecke sind die Zuleitungen vom Induktor angelegt. Ferner enthält der primäre Kreis die Kapazitäten C und C und die Spule s₁. Die Kapazitäten sind zwei Leidener Flaschen von 160 mm Höhe, 80 mm Durchmesser und 100 mm Höhe des Stanniolbelages. Die Spule s₁ kann leicht ausgewechselt werden; sie wird getragen von zwei 8 cm hohen Stützen aus 20 mm dicken Hart-

gummistäben. Für die Versuche verwende ich an der Stelle von s_1 Spulen mit 4, 5, 6 und mehreren dicht zusammen liegenden Windungen aus 1,5 mm dickem Kupferdraht, der mit einer starken Kautschukhülle isoliert ist. Den für elektrische Lichtleitungen auf Schiffen benutzten Gummiaderdraht fand ich zur Herstellung der Spulen besonders geeignet. Die Windungsebenen der Spule s_1 liegen horizontal. Der Durchmesser ihrer Windungen ist 10 cm. Die Leidener Flaschen C und C stehen auf kreisrunden Zinkplatten, unter denen sich als Stützen drei etwa 3 cm lange Hartgummistäbe von 1 cm Durchmesser befinden. Die Länge der Funkenstrecke ist 4–5 mm.

Oberhalb der Spule s_1 liegt die Spule s_2 , die Windungsebenen beider Spulen sind parallel und haben den Abstand 12 cm. Die Spule s_2 ist aus demselben Material hergestellt wie die Spule s_1 und hat gleichfalls den Durchmesser 10 cm; sie wird getragen durch ein Kreuz aus Hartgummistreifen, die in horizontaler Lage am oberen Ende eines etwa 20 cm langen Hartgummistabes befestigt sind, der mit einem am unteren Ende eingelassenen Messingstift fest in die Grundplatte des Apparates eingesetzt werden kann. Außer der Spule s_2 enthält der sekundäre Schwingungskreis s die variable Kapazität c und das Hitzdrahtinstrument H . Um die Kapazität c zu verändern, bediene ich mich des folgenden Apparates (Fig. 2). Auf einer kreisförmigen Zinkplatte zz , die durch Hartgummistützen vom Boden isoliert ist, steht in der Mitte eine Leidener Flasche F von 160 mm Höhe und 80 mm Durchmesser mit einem Stanniolbelag von 100 mm Höhe. Die mit der inneren Belegung verbundene Stange h der Flasche trägt oberhalb des Glases eine kreisrunde Messingscheibe m , an deren Rand etwa 6 Paare von Messingfedern f eingelötet sind. Die Flasche ist von einem Ringe r aus Messingblech umgeben, der mit der Grundplatte zz in leitender Verbindung steht. Auf diesen Ring können kleinere Flaschen f von 60 mm Höhe gesetzt werden, wobei die mit den inneren Belegungen verbundenen Stangen zwischen die Federn der oben genannten Scheibe geklemmt werden. Alle Messingstangen der Flaschen sind mit Hartgummigriffen versehen, so daß auch die kleinen Flaschen während der Entladungen in der Funkenstrecke F eingesetzt und fortgenommen werden können.

Das Hitzdrahtinstrument H ist ein elektrisches Thermometer. Ein Platindraht von 20 cm Länge ist zu einer Spirale gewunden, deren Enden in zwei Glasröhren eingeschmolzen, die mit etwas Siegellack oder dergl. in den beiden gegenüberliegenden Öffnungen einer Glaskugel von 50 mm Durchmesser luftdicht eingesetzt werden. Die Enden des Platindrahtes sind an Kupferdrähte gelötet, die zu zwei auf einer Gabel aus Hartgummi befestigten Klemmschrauben führen, von denen die eine mit der Spule s_2 , die andere mit der Grundplatte zz des Kondensators c durch Kupferdrähte (2 mm Durchmesser) in Verbindung steht. Der Widerstand der Platinspirale des elektrischen Luftthermometers ist 0,78 Ω . An der Glaskugel des letzteren befindet sich ein 36 cm langes und U-förmig gebogenes Glasrohr von 2 mm Öffnung, dessen unterer Teil mit etwas gefärbtem Wasser angefüllt ist, so daß die Luft durch einen etwa 12 mm langen Faden abgesperrt wird. Das Glasrohr hat dicht unter der Kugel noch ein kurzes Seitenrohr, über das ein Gummischlauch gezogen ist, der durch einen Quetschhahn verschlossen werden kann.

Der Versuch läßt sich in folgender Weise ausführen. Enthält die Spule s_1 fünf Windungen, während s_2 nur zwei Windungen hat, so zeigt das Hitzdrahtinstrument H nur einen schwachen oder gar keinen Strom an, solange die Kapazität c im sekundären Kreise aus der großen Flasche F allein gebildet wird. Vergrößert man nunmehr die Kapazität c durch Hinzufügen einer kleinen Flasche f , so steigt die Stromstärke im Hitzdrahtinstrument an. Fügt man noch eine zweite Flasche f hinzu, so steigt die Stromstärke weiter erheblich an, nimmt aber wieder ab, wenn eine dritte der kleinen Flaschen zur Flasche F parallel geschaltet wird. Jede weitere Vergrößerung der Kapazität c vermindert die Stromstärke.

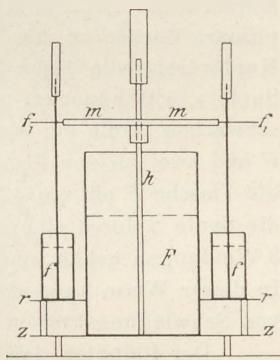


Fig. 2.

Wählt man wiederum die Kapazität so, daß ein Maximum der Stromstärke eintritt, und ersetzt man dann die Spule s_1 durch eine andere mit mehr oder weniger Windungen, so sinkt die Stromstärke sofort auf einen geringen Betrag oder wird nahezu gleich Null. Dasselbe tritt ein, wenn die Spule s_2 durch eine andere mit drei Windungen ersetzt wird, während im primären Kreise alles unverändert bleibt. Um im letzteren Falle wiederum die Resonanz herzustellen, müssen wir entsprechend der Gleichung $T = 2\pi\sqrt{LC}$ die Kapazität verkleinern. Der Versuch zeigt, daß nach Entfernung der beiden kleinen Flaschen, während F allein im sekundären Kreise bleibt, wieder ein Maximum der Stromstärke erreicht wird. Derselbe Versuch läßt sich auch für andere Windungszahlen beider Spulen wiederholen.

Bei weiteren Versuchen habe ich das elektrische Thermometer nicht direkt im sekundären Schwingungskreise eingeschaltet. Auch bei dem Wellenmesser von FRANKE und DÖNITZ ist das Hitzdrahtinstrument an die sekundäre Wicklung eines kleinen Transformators angeschlossen. In diesem Falle habe ich in die Glaskugel eines anderen elektrischen Luftthermometers eine Platindrahtspirale (0,1 mm Durchmesser des Drahtes) von $4,65 \Omega$ Widerstand eingesetzt. Der Transformator enthält 2 Windungen von 8 cm Durchmesser aus Kupferdraht (1,5—2 mm Durchmesser), die im sekundären Schwingungskreise liegen. Diese primäre Wicklung des Transformatoren ist umschlossen von 12 sekundären Windungen aus Kupferdraht von 1 mm Durchmesser, der mit Guttapercha isoliert ist. Gibt man z. B. der Spule s_1 6 Windungen, und enthält s_2 3 Windungen, so zeigt das Hitzdrahtinstrument nur schwachen Strom an, wenn der Kondensator aus der Flasche F allein oder aus der Flasche F und zwei kleinen Flaschen f besteht. Die Stromstärke ist jedoch sehr viel größer, wenn die Flasche F mit einer Flasche f zu einem Kondensator vereinigt ist. Ersetzt man dagegen die Spule S durch eine andere mit 7 Windungen, so ergibt sich das Strommaximum, wenn s 3 Windungen behält, und der Kondensator aus der Flasche F und 3 kleinen Flaschen besteht. In dieser Weise kann man leicht die Gültigkeit der Gleichung $T = 2\pi\sqrt{LC}$ für die Resonanz von Schwingungskreisen nachweisen.

Der Induktor, den ich für die im vorstehenden beschriebenen Versuche verwende, hat eine Schlagweite von etwa 4 cm. Zum Betriebe verwende ich einen elektrolytischen Unterbrecher von WEHNELT. Stellt man sich eine Anzahl kleiner Flaschen mit verschiedener Kapazität her entsprechend den Gewichten eines Gewichtssatzes, so kann man mit großer Schärfe bei der direkten wie bei der indirekten Schaltung des Hitzdrahtinstrumentes die Kapazität c für das Strommaximum und volle Resonanz einstellen.

Experimentelle Darstellung elektrischer Kraftlinien.

Von

Prof. Dr. Gustav Mie in Greifswald.

Obwohl schon öfters Methoden beschrieben sind, elektrische Kraftlinien experimentell darzustellen¹⁾, so ist die Ansicht doch noch ziemlich allgemein verbreitet, daß das wenigstens nicht so leicht gehe wie bei den magnetischen Kraftlinien. Das ist aber ganz unrichtig, und ich möchte durch die Veröffentlichung der nachfolgenden Feldbilder diesem Vorurteil entgegentreten. Ich halte diese Feldbilder für den Unterricht für sehr wichtig, weil ich überzeugt bin, daß die Elektrostatik unbedingt als das Einfachste der ganzen Elektrizitätslehre zugrunde gelegt werden muß, gerade so wie man allgemein die Mechanik auf der Statik aufbaut. Nun ist es aber doch schlecht möglich, den Begriff eines elektrischen Feldes zu entwickeln, wenn man keine Anschauung davon geben kann.

Die folgenden Feldlinienbilder sind auf Glasplatten hergestellt, auf die die betreffenden Leiter aus Stanniol aufgeklebt waren. Die Platte mit den Stanniolfiguren war dann mit irgend einem geeigneten Lack (z. B. Schellack) überzogen. Am Rande waren für die Zuleitungen Drahthäckchen angebracht, die mit den Stanniolfiguren verbunden waren, eventuell

¹⁾ Man lese darüber z. B. den Aufsatz von W. Holtz, Phys. Zeitschr. VII, S. 258, 1906.

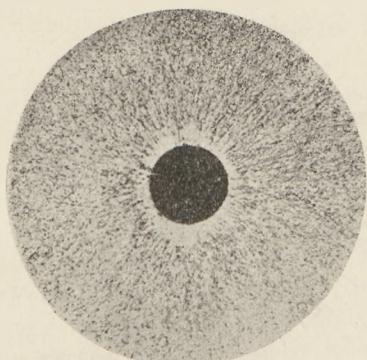


Fig. 1 nat. Gr.

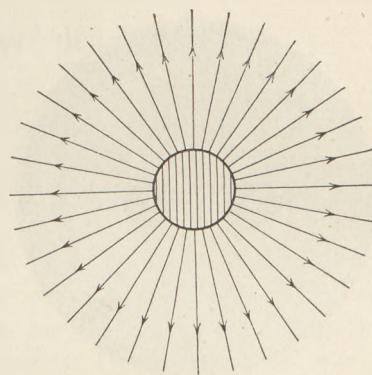


Fig. 1 a.

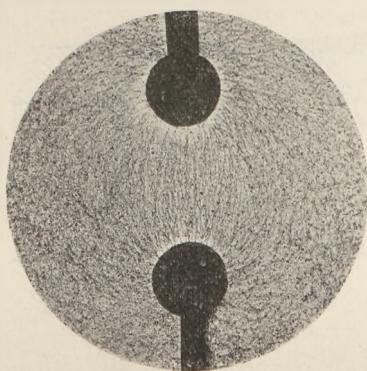


Fig. 2 nat. Gr.

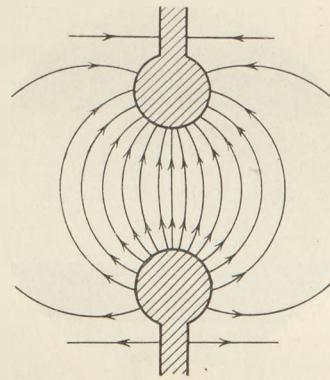


Fig. 2 a.

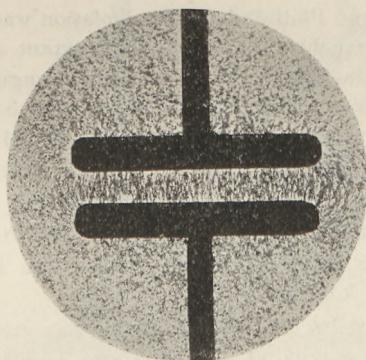


Fig. 3 nat. Gr.

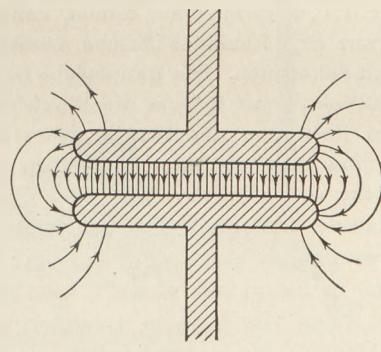


Fig. 3 a.

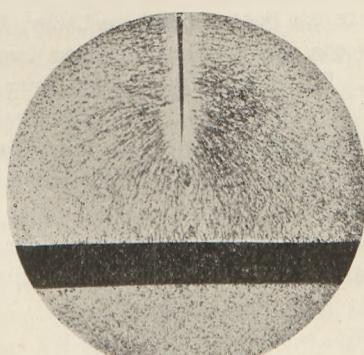


Fig. 4 $\frac{4}{5}$ nat. Gr.

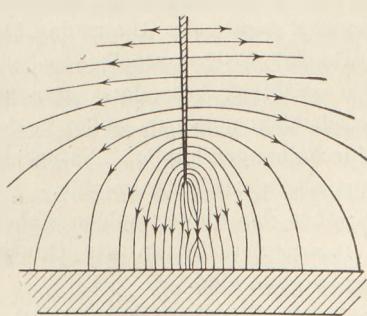


Fig. 4 a.

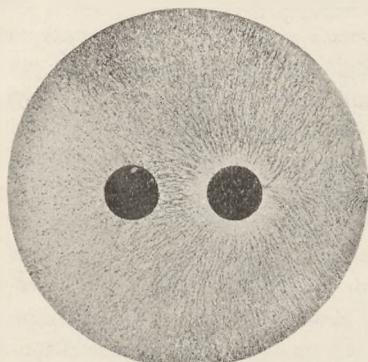
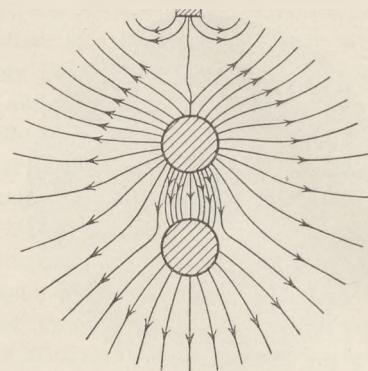
Fig. 5 $\frac{2}{3}$ nat. Gr.

Fig. 5 a.

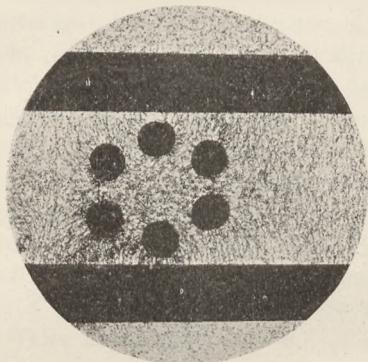


Fig. 6 nat. Gr.

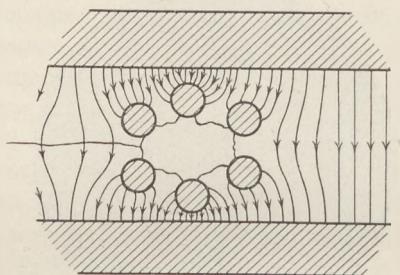


Fig. 6 a.

(wie in Fig. 1, 5, 6) durch einen feinen, kaum sichtbaren Platinfaden. Die Isolation war so gut, daß man nur eine Leidener Flasche anzuschalten brauchte, um ein lange konstant anhaltendes Feld zu bekommen. Die Hauptsache ist freilich, daß man nicht zu hohe Spannungen nimmt (etwa 3000 Volt), sonst kriecht die Elektrizität auf dem Glase, man sieht das z. B. bei Fig. 4.

Zum Bestreuen der Platten nahm ich gepulverten Rutil, dessen hohe Dielektrizitätskonstante ihn sehr geeignet erscheinen ließ (s. W. SCHMIDT, *Ann. d. Phys.* 11, S. 123; 1903). Indessen tut es natürlich auch jeder Halbleiter (auch Rutil isoliert keineswegs), ich fand freilich, daß die Bilder mit Sägemehl nicht so schön wurden wie mit dem Rutilepulver. Die Figuren wurden so hergestellt, daß man erst die Platte bestreute, darauf die Leidener Flasche lud und dann mit einem Glasstäbchen leise klopfte.

Die ersten vier Figuren verstehen sich von selbst (in Fig. 4 erblickt man eine kleine Unregelmäßigkeit, die wahrscheinlich von einer Inhomogenität der Glasplatte herröhrt, denn auch nach Wegnehmen und Erneuern des Lacküberzuges blieb die Stelle unverändert). Fig. 5 zeigt die Influenzladungen auf einem isoliert in das Feld gebrachten Leiter, Fig. 6 die Schirmwirkung durch ein Gitter, das hier durch sechs, die Drahtquerschnitte darstellende, zur Erde abgeleitete Kreisscheiben hergestellt ist. Dieses letzte Feld sieht, wenn man das Experiment ausführt, besonders interessant aus; man beobachtet, wie sich die Teilchen überall regelmäßig anordnen, außer in dem abgeschirmten Bereich, wo sie beim Klopfen nur regellos durcheinander hüpfen. Natürlich sehen alle diese Bilder in der Projektion sehr viel schöner aus als in der Photographie.

Die neben den Photographien stehenden Bilder sind dadurch gewonnen, daß auf übergelegtem Pauspapier die an der Orientierung der Teilchen erkennbaren Richtungslinien ausgezogen worden sind.

Greifswald, Physikalisches Institut.

Die schiefe Ebene auf der Wage.

Von

A. Stroman in Friedberg (Hessen).

Es erschien mir für den Unterricht wertvoll, bei Versuchen mit der schiefen Ebene den Druck, der von der Last in senkrechter Richtung geübt wird, mit der Wage zu messen. Deshalb ließ ich mir eine hierzu geeignete schiefe Ebene anfertigen, die aber auch zu den sonst üblichen Versuchen gebraucht werden kann. Die Versuche mit der Wage, wie sie sich im Verlaufe der Arbeit ergaben, bieten noch weitere Vorteile. Die Wage macht von der Reibung so vollständig unabhängig, daß statt der rollenden sogar eine gleitende Last verwandt werden kann; sie zeigt jeden Fehler in der Fadenrichtung an, was besonders wertvoll ist bei dem Zuge parallel der Basis, und außerdem bilden die Versuche eine Ergänzung zu denen über das Parallelogramm der Kräfte.

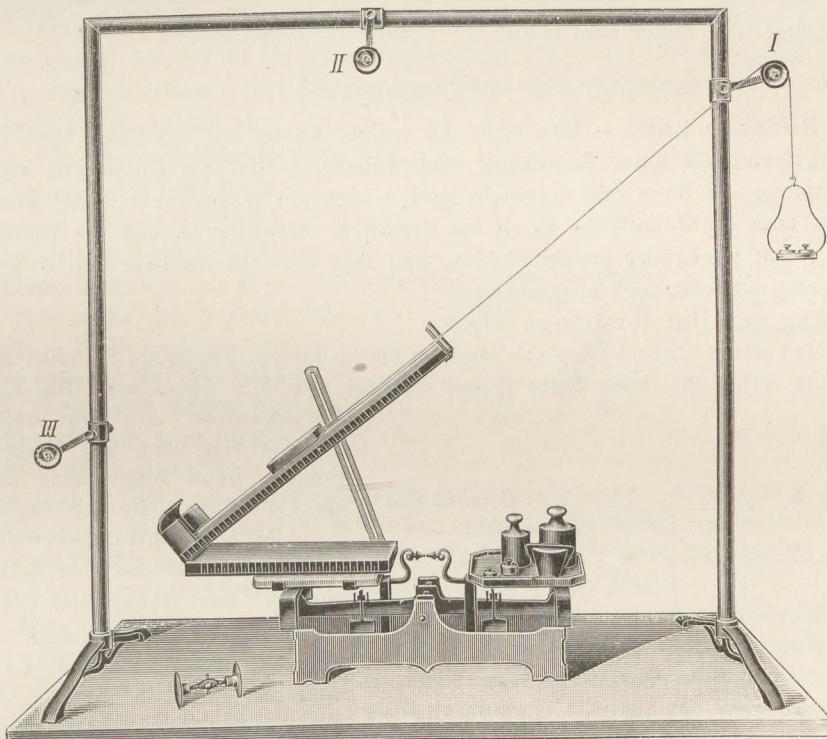


Fig. 1.

Die schiefe Ebene schließt sich eng an die WEINHOLDSche an und ist in Verbindung mit dem WEINHOLDSchen Rahmengestelle zu benutzen. Sie ist 50 cm lang, und ihre Basis ist so weit verkürzt, daß sie sich mit günstiger Gewichtsverteilung auf die eine Platte einer Tafelwage setzen läßt. Am unteren und oberen Ende ist je eine Hemmung für die rollende oder gleitende Last angebracht (Fig. 1). Die rollende Last ist mit Rücksicht darauf, daß sie bei zwei Versuchen frei auf der Ebene hinabläuft und gegen die Hemmung schlägt, nur 100 g schwer gemacht worden und hat drei Angriffstellen für Kräfte. Sind nur zwei nötig, so kann in den dritten Haken eine Wagschale eingehängt werden, wodurch es möglich wird, das Gewicht der Last zu erhöhen. Man braucht für einzelne Versuche außer den am WEINHOLDSchen Gestell vorhandenen zwei Röllen noch eine dritte, die aber nicht unbedingt von derselben Art sein muß. Man wird sich auch mit einer andern behelfen können, die man

frei hält oder in ein Stativ klemmt. Für die Versuche mit gleitender Last wird auf die schiefe Ebene eine gut eingepaßte, mattgeschliffene Spiegelglasplatte gelegt, wodurch man die für die Versuche nötige Gleichmäßigkeit der Reibung erzielt. Als gleitende Last dient ein Brettchen aus Nußbaumholz mit einer rauhen und einer polierten Fläche, so daß man mit zwei verschiedenen Reibungen arbeiten kann. Damit die Reibung in der Rolle recht gering bleibt, beträgt das Gewicht des Bretts wie das der rollenden Last auch nur 100 g. Das WEINHOLDSche Gestell ist unter Weglassung des Grundbretts aus brüniertem Stahlrohr angefertigt worden. Die Rollen werden durch Klemmen befestigt, ähnlich wie am BUNSEN-schen Gestell, sitzen aber an 7 cm langen, drehbaren Hebelarmen, die eine bequeme Feineinstellung ermöglichen, nachdem die Klemmen dem Augenmaße nach angeschraubt worden sind. Da auch das Grundbrett weggefallen ist, kann sich die Wagschale, die über Rolle I geführt wird, ungehemmt bis zum Fußboden bewegen, wenn man das Gestell rechts an die Tischkante rückt.

Zum Zwecke einer möglichst knappen Darstellung nehmen wir für alle Versuche das Gewicht der Last mit 100 g und das Verhältnis $L:B:H = 5:4:3$ an und bezeichnen stets die Seite der Wage, die die schiefe Ebene trägt, als die linke, die durch Gewicht belastete als die rechte. Die Rollen sind mit I, II₁, II₂ und III bezeichnet.

Die Versuche.

A. Rollende Last. — Man stellt die schiefe Ebene auf die linke Seite der Wage, richtet gegebenenfalls unter Benutzung einer Libelle, z. B. durch Unterlegen von Streifen dicken Papiers, die Basis erst wagrecht und bringt die Wage ins Gleichgewicht. Dann unterstützt man die linke Seite durch ein Brettchen vorsichtig so, daß die beiden Zungen einander genau gegenüber stehen bleiben, und legt die rollende Last von 60 g auf. Die Wage ist also zunächst noch ausgeschaltet.

1. Zug parallel der Länge (Fig. 2).

a) Man hängt einen Faden von starkem Zwirn mit einer Schlinge in einen Haken des Rollgewichts, führt ihn über Rolle I und belastet mit 60 g ($ag = ad$). Die Last ist im Gleichgewicht. Ein Mehr- oder Minder-gewicht von etwa 2 g bringt sie ins Rollen. Beim Wegnehmen der Stütze sinkt die linke Seite der Wage.

b) Man führt einen zweiten Faden senkrecht zur Ebene über Rolle II₁ und belastet mit 80 g. Der Bodendruck $ac = 80$ g wird aufgehoben. Die Last schwebt. Das Gleichgewicht der Wage stellt sich her.

c) Der Bodendruck ac zerlegt sich in zwei Komponenten ae und af . Davon wirkt $ae = 64$ g in senkrechter, $af = 48$ g in wagrechter Richtung. Man nimmt die 80 g des vorigen Versuchs von II₁ weg und führt 64 g über II₂ und 48 g über III. Es tritt wieder Gleichgewicht der Wage ein. Die Last schwebt.

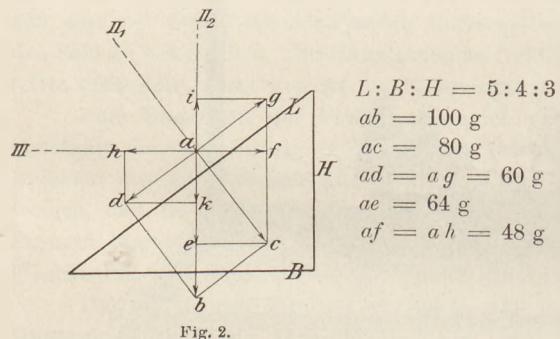


Fig. 2.

wirkt $ae = 64$ g in senkrechter, $af = 48$ g in wagrechter Richtung. Man nimmt die 80 g des vorigen Versuchs von II₁ weg und führt 64 g über II₂ und 48 g über III. Es tritt wieder Gleichgewicht der Wage ein. Die Last schwebt.

d) Man nimmt die Belastungen von II₂ und III wieder weg und legt 64 g zum Ausgleiche des links senkrecht abwärts wirkenden Druckes ae auf die rechte Seite der Wage. Das Gleichgewicht der Wage stellt sich her.

e) Man läßt die 64 g auf der Wage, hängt aber die 60 g von dem über I geführten Faden ab und zieht die Last mittels des Fadens möglichst hoch. Nachdem die Wage wieder zur Ruhe gekommen ist, läßt man den Faden los. Die Wage bleibt im Gleichgewicht, so lange die Last rollt. Erst wenn sie gegen die Hemmung geprallt ist, wirkt sie mit ihrem vollen Gewicht. Nach dem Stoße ist die linke Seite um 36 g schwerer als zuvor.

2. Zug parallel der Basis (Fig. 3). — Diese Versuche gestalten sich, kurz ange deutet, folgendermaßen.

a) Wage zunächst links unterstützt wie bei 1a. Faden über I mit 75 g ($ad = af$). Last im Gleichgewicht. Stütze weg: Die linke Seite sinkt.

b) Faden über II₁ mit 125 g zur Aufhebung von ac . Last schwebt. Wage im Gleich gewicht.

c) Die 125 g von II₁ weg. Dafür 100 g (ae) über II₂ und 75 g ($af = ad$) über III. Last schwebt. Wage im Gleichgewicht.

d) Auch diese Belastungen wieder weg. Dafür 100 g auf die rechte Seite der Wage zur Aufhebung von ae . Gleichgewicht der Wage. Senkrechter Druck der Last gleich dem Gewicht der Last selbst.

e) Entsprechend 1e kann man auch hier noch einen Versuch mit der frei rollenden Last anstellen. Während des Rollens hebt sich die linke Seite der Wage, da der senkrechte Druck nur noch 64 g beträgt, während die rechte Seite mit 100 g belastet ist. Nach dem Anschlagen an die Hemmung herrscht Gleichgewicht.

B. Gleitende Last (Fig. 2). — Hierbei empfehlen sich, nachdem zunächst die Reibung auf wagrechter Ebene bestimmt worden ist, nur Versuche mit Zug parallel der Länge.

a) Man stellt die schiefe Ebene anstatt auf die Wage auf eine erhöhende Unterlage in das WEINHOLDSche Gestell, legt die mattgeschliffene Spiegelglasplatte auf und klappt die Ebene so weit herab, daß sie wagrecht steht. Zur genauen Einstellung bedient man sich der Libelle. Dann legt man die Last von 100 g auf und bestimmt z. B. die Reibung der unpolierten Holzfläche zu 40 g.

b) Man stellt das Verhältnis $L : B : H = 5 : 4 : 3$ wieder her, stellt den Apparat auf die linke Seite der Wage und unterstützt diese. Hierauf führt man über I 60 g: Gleichgewicht. Da der Boden druck nur noch $\frac{4}{5}$ der Last beträgt, ist auch die Reibung nur $\frac{4}{5} \cdot 40 \text{ g} = 32 \text{ g}$. Legt man zu den 60 g noch 30 g, so herrscht scheinbar noch Gleichgewicht, legt man aber weitere 2 g zu, so gleitet die Last aufwärts. Entsprechend kann man auch von den 60 g erst 30 g und dann noch 2 g wegnehmen und die Last abwärts gleiten lassen.

c) Man legt bei I wieder 60 g auf und wie im Versuche 1d mit rollender Last 64 g zum Ausgleiche für ae auf die rechte Seite der Wage. Sobald man die Stütze wegnimmt, ist die Wage im Gleichgewicht. Es ist also der starke Reibungsbetrag von 32 g jetzt vollständig ausgeschaltet. Fügt man zu den 60 g (Rolle I) nur 2 g, so zeigt die Wage den Fehler in der Belastung an.

d) Man läßt zunächst alles wie beim vorigen Versuche, unterstützt aber die rechte Seite der Wage und legt zu den 60 g (Rolle I) noch den Reibungsbetrag von 32 g. Um eine weitere Zeichnung zu sparen, benutzen wir Fig. 2. Wenn man ag gleich jener Mehrbelastung von 32 g annimmt, so ist auf der linken Seite der Wage der senkrecht aufwärts wirkende Zug $ai = 19,2 \text{ g}$. Legt man jetzt zur schiefen Ebene noch 19 g, so kann man die Last aufwärts gleiten lassen, während die Wage im Gleichgewicht bleibt. Man kann den Versuch auch umgekehrt anstellen, indem man von den 60 g bei I 32 g wegnimmt. Es wirkt dann in der Richtung der schiefen Ebene ein Übergewicht von 32 g abwärts. Wäre ad dies Übergewicht, so wäre der senkrecht auf die linke Seite der Wage wirkende Druck $ak = 19,2 \text{ g}$. Legt man rechts 19 g auf, so gleitet die Last abwärts, während die Wage im Gleich gewicht bleibt.

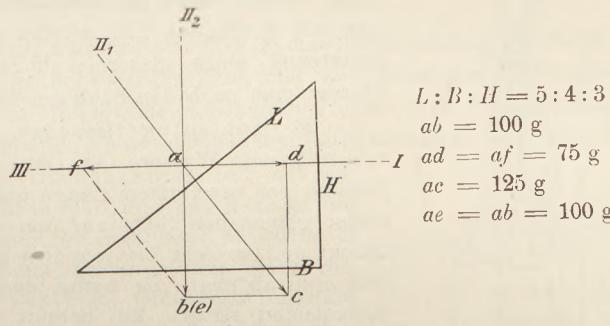


Fig. 3.

Nachtrag zu dem optischen Demonstrationsapparate.

Von

A. Stroman in Friedberg (Hessen).

Die Erwartung, daß sich bei der günstigen Form der in Jahrg. XVIII 71—79 beschriebenen Tyndallschen Trommel noch weitere Versuche finden würden, hat sich erfüllt. Zur Trübung der Luft verwende ich jetzt die Vorrichtung, die in der kleinen Mitteilung „Zur Demonstration stehender Luftschnüngungen“ (ds. Zeitschr. XIX 14) beschrieben ist, mit 3 Flaschen für Salzsäure, Ammoniak und Wasser. Man stellt die Flaschen am besten in einen Kasten, um sie bequem überall gebrauchen zu können.

21. Dunkelkammer. Zwischen Verschluß- und Meßplatte klemmt man ein kreisrund geschnittenes Blatt durchscheinenden Papiers von entsprechendem Durchmesser und schraubt bei leerer Trommel einen besonderen, durchbohrten Verschlußstopfen in die Mitte der Rückwand. Stellt man vor die Bohrung eine brennende Kerze, so erhält man auf dem den Schülern zugewandten Schirme ein weithin sichtbares umgekehrtes Bild der Flamme.

22. Schatten. Man füllt die Trommel vollständig mit dem durch Fluorescein gefärbten Wasser und senkt den Spiegel *S*, a. a. O. (Fig. 1a) nach nebenstehender Fig. 15, wagerecht dicht auf die Trommel oder legt ein schmales Lineal auf. Beide dienen dabei als schattenwerfende Körper. Wenn man Leuchtgas zur Verfügung hat, zündet man darüber am bequemsten unter Benutzung eines gläsernen T-Stücks 2 Flämmchen an. Ihr Licht blendet man nach den Schülern hin durch ein Brett ab.

23. Hohlspiegelgesetze. Man füllt die Trommel vollständig mit gefärbtem Wasser. Aus dünnem Stanniol schneidet man einen Streifen von etwa 12 cm Länge und 4 cm Breite. Diesen legt man mit seiner glänzenden Seite auf den sorgfältig gereinigten Glasring und drückt und streicht ihn mit dem Handballen vorsichtig so, daß er fest und glatt aufliegt. Er haftet dann auch beim Drehen der Trommel vollkommen sicher. Ein Schnitt durch ihn, parallel der Schauseite, stellt einen Schnitt durch einen Hohlspiegel dar. Die Versuche zeigen zugleich die Abnahme der Beleuchtungsstärke mit zunehmender Entfernung. Sie können außerdem bei der Besprechung der Kurz- und Weitsichtigkeit herangezogen werden. Man stellt vorhandene Konkav- und Konvexlinsen bereit, unter denen man jedesmal die geeignete auswählt.

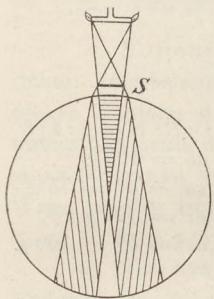


Fig. 15.

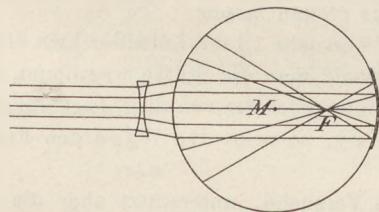


Fig. 16.

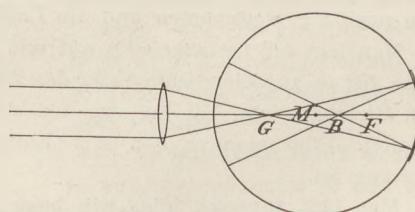


Fig. 17.

Für 2 Fälle füge ich Zeichnungen (Fig. 16 und 17) bei. Danach werden sich die andern leicht ergeben. Auf diese Weise lassen sich demonstrieren: die Auffindung des Brennpunkts; die Lage des Gegenstandspunkts außerhalb der doppelten Brennweite, in der doppelten Brennweite, zwischen Mittelpunkt und Brennpunkt, im Brennpunkte, zwischen Brennpunkt und Spiegel, endlich auch die Brennlinie.

24. Gerader Wurf. Der leuchtende Wasserstrahl von Versuch 14 kann hierzu benutzt werden. Durch verschiedene Stellung des Wasserhahns erhält man schnell nacheinander die verschiedensten Kurven.

Zu 1. Die Versuche über Reflexion an ebenen Flächen kann man bei ganz gefüllter Trommel vornehmen, wobei *s* in der Mitte eingeschraubt wird. Läßt man den zunächst

senkrecht aufgefallenen Strahl durch Drehung von s z. B. um 90° wandern, so zeigt ein an s angelegtes Lineal, daß das Spiegelchen sich nur um 45° gedreht hat.

Zu 8. Um den Polarisationsversuch rasch und sicher ausführen zu können, habe ich einen besonderen Halter für das Nicol anfertigen lassen, mittels dessen es zentrisch um die Trommel bewegt werden kann, aber so, daß es in jeder gegebenen Lage verharrt. Außerdem wird es nach je 90° Drehung um seine eigene Achse durch eine Schnappfeder gehalten, so daß man im verdunkelten Zimmer sicher hantieren kann.

Auf Wunsch wird der Apparat zurzeit für große Hörsäle mit einem Durchmesser von 40 cm angefertigt.

Kleine Mitteilungen.

Neue Heberformen.

Von Prof. H. Rebendorff in Dresden.

1. Den Heber der Figur 1 kann man durch Quecksilber ansaugen lassen. Dies befindet sich in einem Gläschen (Wägeglas, untere Reagenzglashälfte auf einem Brettchen festgesiegelt), das, unter das engere Reagenzglasstück a am Heberrohr gebracht, bis zum Verdrängen von genügend Luft durch b angehoben und wieder gesenkt wird. Sind beide Schenkel von b durch mit Siegellack befestigte Bleiplattenröllchen beschwert, so hängt dabei der Heber stabil und man braucht beim Anheben des Gläschens nicht mit dem Zeigefinger den Kork k herabzudrücken.

2. Aus einem U-förmigen Chlorcalciumrörchen c (Fig. 2) macht man leicht einen Heber, der wie der „französische“ gefüllt weggehängt werden kann und beim Einsenken fließt. Die beiden Öffnungen werden mit feuchtem Mullgewebe, am besten grobem, d. h. festem (ca. 18 Maschen auf 1 cm) überbunden. Man füllt den Heber sehr bequem unter dem Strahl der Wasserleitung, wobei man zuletzt die freie Öffnung kurze Zeit mit der

Hand bedeckt. Würde man nun das Rohr in der Ebene der Zeichnung herumdrehen, so würde es bei größerem Schenkelabstande sich entleeren. Dreht man es so, daß beide Öffnungen ungefähr in derselben Ebene bleiben, so fließt nichts heraus. Wegen seiner Weite, die man übrigens noch bis etwa 3 cm vergrößern könnte, ohne anders füllen zu müssen, entleert der Heber Gefäße sehr schnell.

Man kann ihn über den Rand eines Zylinders hängen, die äußere Öffnung über dem Tischablauf, und ihn durch Auffüllen des Zylinders beliebig laufen lassen. Er schützt bei ähnlicher Aufstellung Gefäße wie Kühlbäder, in die nicht gar zu schnell Wasser aus der Leitung fließt, vor dem Überlaufen. Für etwaige andere technische Anwendungen könnte das zerstörbare Gewebe durch eingeschmolzenes Platindrahtnetz ersetzt werden. Sehr weite Heber dieser Art füllt man durch Ansaugen mittels eines an der Biegung befindlichen Röhrchens d. Man senkt hierzu beide Öffnungen in die Flüssigkeit ein und schließt nach der Füllung den zgedrückten Schlauch an d durch ein Glasstopselchen.

Hängt der gefüllte Heber stundenlang frei in der Luft, so tritt eingesaugte Luft nur ein, wenn das Wasser entsprechend verdunstet ist. Unterschiede der Verdunstung, z. B. an dem mit dem einen Schenkel in einen Zylinder mit etwas Wasser gehängten Heber, machen sich durch ungleichen Wasserstand in den Schenkeln bemerkbar. Wird die Differenz größer als etwa 3 cm (bei obiger Maschenweite), so fließt ein Teil des Wasserüberschusses ab. Über den Rand eines Zylinders gelegt, besser mittels einer Klammer dort befestigt, liefert dieser Heber einen schnell anzeigenenden Verdrängungsapparat. Durch fingerdickes Rohr fließen 100 ccm Wasser in ca. 10 Sekunden ab, 200 ccm in ca. 20 Sekunden. Die ersten Male übertrifft die abgeheberte Wassermenge die eingegossene (Dehnung des nassen Zeugstoffes vor dem äußeren Schenkel). Bald wird das Abfließen bis auf etwa 0,5 ccm konstant. Nach tropfen hinter dem Strahl ist eine Ausnahme.

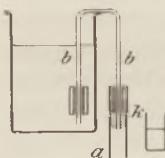


Fig. 1.

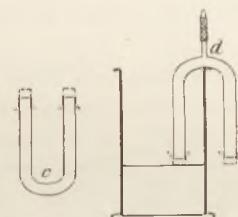


Fig. 2.

3. Einen schnell füll- und entleerbaren Stechheber liefert ein Fläschchen mit gut abgesprengtem Boden, an dessen Stelle man Mullgewebe aufbindet, und das man mit festsitzendem Kork und einem Rohre zum Halten und für den Fingerschluß versieht. Dies ist wohl nicht unbekannt. Hübsche hydrostatische Versuche kann man mit zwei gleichen Vorrichtungen dieser Art machen, die man durch einen Schlauch verbindet. Bequem benutzt man ein Paar gerade Chlorcalciumröhren (Fig. 3). Nacheinander in Wasser gesenkt, füllen sie sich damit und können gleich hoch sowie verschieden gefüllt emporgezogen werden. Beim teilweisen Herausnehmen sind die Wasserhöhen über den Niveaus in den Gefäßen wie in kommunizierenden Röhren gleich. Senkt man nach Herausheben mit ungleicher Wasserhöhe das höhergefüllte (a) wieder ein, so fließt aus der anderen Röhre erst dann Wasser aus, wenn in der ersten das Wasserniveau über dem Niveau im Gefäß weniger hoch steht als das Wasser in der in Luft befindlichen Röhre. Senkt man hingegen die weniger gefüllte

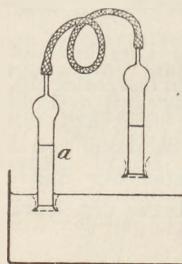


Fig. 3.

Röhre zuerst ein, so saugt sie sich schnell voller, während die in Luft befindliche Wasser ausfließen lässt; beide nehmen in einem Augenblitche gleiche Füllung an. Der größte Unterschied, den die Füllungen nach dem Herausnehmen zeigen können, entspricht dem Drucke, der nötig ist, um Luftblasen durch die Gewebemaschen hineinzutreiben. Zur reichlichen Füllung der Röhrchen lüftet man kurze Zeit während des Einsenkens den Schlauch. Wenn man die Füllung nicht so ungleich macht, daß Luft eintritt, so ist nach verschiedenstem Herausnehmen der Röhren die Summe der Wassermengen in ihnen konstant. Man kann die Versuche und ihre einfache Begründung den Schülern als häusliche Beschäftigung empfehlen.

Hält man die teilweise gefüllten Röhren unter verschiedenem Neigungswinkel mit den Öffnungen aneinander, so fließt das Wasser aus der steileren bis zum Niveaualgleich über.

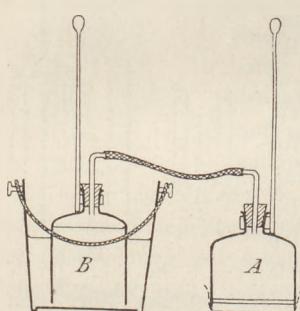


Fig. 4.

Das Ansaugen von Wasser durch die weniger hoch gefüllte Röhre kann benutzt werden, um über den Tisch geflossenes Wasser zu entfernen. Sind die beiden verbundenen Stechheber von größeren Dimensionen, so kann man einen Ersatz des Überschwemmungen des Fußbodens beseitigenden Haders erhalten. Die mit Tüll überbundene tabulierte Glasglocke A (Fig. 4) verbindet man durch einen Schlauch mit einer zweiten B, die in einen Eimer steht, der halb voll Wasser ist. Während man die Glocke A über den Fußboden bewegt, wird die andere etwas angehoben und erst wieder gesenkt, wenn die erstere zur Entleerung über den Eimer gehalten wird. Selbstverständlich darf man die den Hader ersetzende Glocke nicht stark kippen.

Die aus Glas gefertigten Heberformen können von Gustav Müller in Ilmenau bezogen werden.

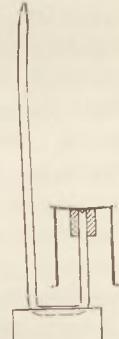
Ein Wasserstoffheber für Explosionsversuche.

Von Prof. H. Rebenstorff in Dresden.

Der in d. Zeitschr. VIII 316 beschriebene Wasserstoffheber war, wie ich später bemerkte, bereits in Arendt, *Technik der Experimentalchemie*, 3. Aufl., S. 324 angegeben. Einen für den sofortigen Gebrauch fertigen Apparat, der eine meines Wissens noch nicht bemerkte Erscheinung zeigt, erhält man aus einem etwa 15 mm weiten U-Rohr (s. Figur), dessen einer etwa 50 cm langer Schenkel in eine 3—4 mm weite Spitze endet, während der andere nur etwa 15 cm lange Schenkel mit einem Kork versehen ist, der das Glasrohr etwas überragt und hier eine tief eingekerbt Endfläche besitzt. Das Glasrohr wird mit aufwärtsgerichteten Schenkeln in der Nute eines Fußbrettes festgekittet. Über den kürzeren Schenkel stülpt man eine offene Blechbüchse (leere Calciumkarbiddose) von etwa 6 cm Durchmesser und 10 cm Höhe. Die Benutzung einer größeren Dose kann als Schlußeffekt der Versuche dienen.

Aus einem Gasometer oder einer provisorisch gefüllten Glocke (abgesprengten Flasche), in deren Halsöffnung ein Glasrohr mit Hahn sitzt, leitet man mittels Gummischlauches Wasserstoff in das längere Heberrohr hinein, sodaß die Blechbüchse ebenfalls größtenteils gefüllt wird. Während man alsdann den nur lose aufgeschobenen Schlauch abstreift, damit entzündet man den wieder zurückströmenden Wasserstoff. Bald zeigt das Kleinerwerden der anfänglich großen Flamme die Verminderung des Auftriebes infolge der Beimischung von Luft, es tritt der bekannte Ton des Verbrennens des nur in weiteren Gefäßen explodierenden Wasserstoff-Luftgemisches auf, und nachdem dieser Ton immer tiefer geworden ist (nicht höher, wie *Arendt* angibt), ist die Explosivität des Gases in der Rohrmündung durch Beimengung steigender Luftpunktmassen so weit vergrößert, daß die Flamme zurückschlägt, und die Blechbüchse unter lautem Knalle erzittert.

Hält man nun gleich nach der Explosion eine Zündflamme über die Spitze des Heberrohres, so entzündet sich hier eine etwa 1 cm große blaue Flamme, die nach einigen Sekunden — von ihrer Mitte aus — erlischt und den Beweis liefert, daß der Wasserstoff schon explodierte, als er nur mit zur vollständigen Verbrennung unzureichenden Mengen von Luftsauerstoff sich vermischt hatte. Eine zweite Explosion bleibt stets aus. Vor Wiederholung des Versuches ist es zweckmäßig, die Blechbüchse für die Lufterneuerung einmal umzuwenden, falls man diese nicht bei dem folgenden Versuche ganz mit Wasserstoff füllen wird.



Die Heberwirkung zeigt man besonders deutlich, wenn man den Wasserstoff durch ein von unten in die Büchse hineingehaltenes Rohr schnell einleitet und dann eine Zündflamme an die Spitze hält, wo jetzt kein Gas ausströmt. Saugt man nunmehr, etwa mittels eines leicht aufgesetzten Schlauchstückes, einen oder zwei Mundvoll Luft zur Spitze heraus, so ist der Wasserstoffheber angesaugt, und die Zündflamme führt alles in der angegebenen Reihenfolge herbei.

Eine schnelle Entwicklung bestimmter Wasserstoffmengen für diese und andere Versuche erzielt man bei Verwendung von Magnesiumblechstreifen (Bezugsquelle der Blechtafeln: *Fabrik Hemelingen bei Bremen*, das kg 16–20 M), von denen man je ein Stück von berechneter Länge mit der Schere abschneidet und in ein Körbchen mit verdünnter Schwefelsäure wirft. 1 g Magnesium liefert sehr annähernd 1 l Wasserstoff. Man bringt für die beschriebenen Versuche den Hals des Körbchens schnell unter die Blechbüchse oder setzt schnell einen Kork mit bereits angeschlossenem Zuleitungsrohre auf. Setzt man auf die Spitze des Heberrohres mittels Schlauchstückchens ein kurzes, mit engerer Öffnung (1½–2 mm) versehenes Mündungsrohrchen, so ist erstens der Ton der frei singenden Flamme länger dauernd, höher beginnend und auch lauter. Die Explosion wird weniger sicher herbeigeführt, ist jedoch, weil schon größere Luftmengen sich dem Wasserstoffe beimischten, auffallend kräftiger (stärkerer Knall und Bewegung der Metallbüchse). Das blaue Flämmchen nach der Explosion fehlt auch jetzt nicht. Erlöscht die Flamme still, so bewirkt eine sofort herangebrachte Zündflamme sicher die Explosion. Daher die Sicherheit des Eintretens der Wasserstoffexplosion bei zu frühem Entzünden an der Entwicklungsflasche.

Der Wasserstoffheber für die völlig gefahrlosen Explosionsversuche kann von *Gustav Müller* in *Ilmenau* bezogen werden. Es werden eine kleinere und eine größere Blechbüchse aus Aluminium mit konisch halb verengter Mündung beigegeben.

Zur Bestimmung des mechanischen Wärmeäquivalents.

Von Dr. A. H. Borgesius in Haag.

Die wichtige Konstante, welche die mit der Wärmeeinheit äquivalente Anzahl Arbeitseinheiten ausdrückt, wird bei Vorlesungen und in der Schule manchmal mit den handlichen Apparaten von *PULUJ*¹⁾ oder von *CHRISTIANSEN*²⁾ bestimmt. Beide Apparate ermitteln den

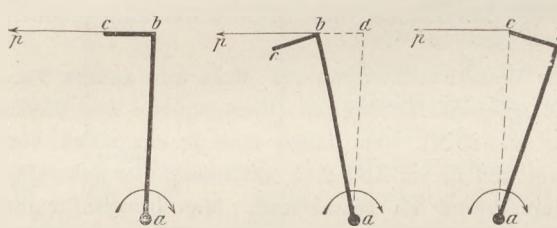
¹⁾ Weinhold, Dem. 3. Aufl. S. 575.

²⁾ Wied. und Ebert, Phys. Prakt. 4. Aufl. S. 201.

Betrag der durch Reibung in Wärme umgesetzten Arbeit nach dem schon von JOULE, nachher von ROWLAND zu diesem Zweck benutzten Prinzip des Bremsdynamometers; welche Methode vor andern den Vorteil hat, keine nachträglichen Korrektionen der gemessenen Arbeit zu erfordern³⁾ und leicht eine genügende Temperatursteigung erreichen zu lassen. Wer aber mit einem dieser Apparate gearbeitet hat, wird auf allerhand Schwierigkeiten gestoßen sein, welche einer genauen Ausführung des Versuches im Wege stehen.

Der PULUJSche Apparat hat den Grundfehler, daß in ihm keine Flüssigkeitsreibung, sondern Reibung zwischen den zwei Stahlkegeln die Wärmequelle bildet. Da nun die Reibung zwischen festen Körpern bekanntlich sehr wenig von der Geschwindigkeit der relativen Bewegung abhängig ist, wird es schwer, den das Gewicht tragenden Hebelarm in Ruhe zu erhalten. Bisweilen wird selbst eine Verdoppelung der Umdrehungsgeschwindigkeit nicht genügen um den Hebel, nachdem er einmal nachgegeben hat, wieder frei zu machen und das gesunkene Gewicht zu heben. WEINHOLD empfiehlt, zwischen die zwei Kegel ein dünnes Papierblatt zu bringen, mir hat dieses Mittel nie viel geholfen; bessere Resultate erhielt ich manchmal durch Einfetten der zwei reibenden Oberflächen mit einem zähen Fette (Mischung von Vaselin und Lanolin). Der Apparat von CHRISTIANSEN hat obigen Fehler nicht; da die Flüssigkeitsreibung mit der Geschwindigkeit der Drehung stark zunimmt, gelingt es leicht, zumal wenn ein Elektromotor zum Antreiben benutzt wird, den Hebel frei schwebend zu erhalten. Außerdem hat er den großen Vorzug, fast genau die Form des klassischen JOULESchen Kalorimeters nachzuahmen.

Um leichter einen ruhigen Stand des Hebels zu erreichen, empfiehlt WEINHOLD noch, diesen mit dem Faden einen Winkel von 135° bilden zu lassen⁴⁾. Besser und bequemer schien mir die folgende Anordnung, die sich auch als sehr zweckmäßig erwies (vergl. Fig.). Der zwischen zwei Kontaktstiften spielende Hebel trägt an seinem Ende ein Querstück $b\ c$ ($\pm \frac{1}{4}$ seiner Länge),



der Faden wird bei b befestigt und geht frei an $b\ c$ entlang. Gibt nun der Hebel $a\ b$ dem Zuge des Gewichtes p etwas nach, so wird infolge der schiefen Stellung der Hebelarm verkürzt bis $a\ d$, also das Moment von p kleiner; die Reibung im Kalorimeter zieht p wieder auf. Wird dagegen der Hebel durch

vergrößerte Reibung mal nach rechts gezogen, so wird der Momentenarm größer ($a\ c$), das Gewicht p bekommt wieder die Überhand und zieht den Hebel zurück. In beiden Fällen wird es also leichter gelingen, den Hebel wieder in die normale Stellung zurückzubringen als ohne den Querbalken. Tatsächlich gelingt es leicht, wenigstens beim CHRISTIANSENSchen Apparate, wenn der Strom des Elektromotors mittels eines einfachen Schieberrheostaten reguliert wird, den Hebel minutenlang frei schwebend zu erhalten. Auch wird das Resultat des Versuches etwas genauer ausfallen, da ohne das Querstück der Momentenarm bei jeder kleinen Schwankung etwas verkürzt wird, die Fehler also sich einseitig häufen, mit demselben aber der Arm abwechselnd länger und kürzer wird, also Kompensation eintritt.

Obwohl nun der Apparat von CHRISTIANSEN, wegen seiner beträchtlich größeren Dimensionen und der weit besseren Regulierbarkeit der Reibung, viel genauer arbeiten sollte als das kleine PULUJSche Quecksilberkalorimeter, erhielt ich doch zuerst mit jenem immer viel zu große und dazu noch unregelmäßig schwankende Werte für das Äquivalent, etwa 480 bis

³⁾ Wied. und Ebert (l. c.) geben in dem angeführten Beispiele eine Korrektion für die Reibung der Rolle. Aber wenn der Hebel während des Versuches frei um den normalen Stand hin und her schwankt, ist dies doch unrichtig, da der Reibungswiderstand abwechselnd den Zug des Fadens vermehrt oder vermindert, je nachdem das Gewicht aufgezogen wird oder sinkt. Bleibt der Stab also frei von den Anschlagstiften, so ist der Mittelwert der vom Gewichte auf ihn ausgeübten Kraft der selbe, als wenn die Rolle reibungslos wäre.

⁴⁾ a. a. O. 3. Aufl. S. 397.

500 kgm/kg cal.; auch anderswo hörte ich, daß derselbe systematische Fehler auftrat. Die einzige Fehlerquelle, woraus diese enorme Abweichung stammen könnte, schien mir eine richtige Bestimmung des Wärmeverlustes an die Umgebung zu sein. Dieser Verlust wurde bestimmt nach der einfachen von WEINHOLD angegebenen Methode (a. a. O. S. 580), durch Ablesung des Thermometerstandes je eine Minute vor Anfang und nach Beendigung des Versuches. Während der zwei zwischen diesen Ablesungen und dem Versuche verlaufenden Minuten steht das Kalorimeter still, und es tritt also nicht die heftige Luftbewegung in dessen Umgebung auf, welche durch die schnelle Drehung innerhalb der eigentlichen Versuchszeit verursacht wird. Der Wärmeverlust war infolgedessen während der zwei Kontrollminuten fast unmerklich, während der Drehung vielleicht weit größer. Der Fehler haftet gerade diesem Apparate in so hohem Maße an, weil hier der äußere Teil sich dreht. Um ihn zu beseitigen, könnte man zwei Wege einschlagen: 1. auch in den zwei, die Versuchszeit einschließenden Kontrollperioden den Apparat mit derselben Geschwindigkeit zu drehen (natürlich mit abgenommenem Hebel, um das Schaufelrad mitdrehen zu lassen), 2. das Kalorimeter sorgfältig einzwickeln. Da das rasche Befestigen und Herabnehmen des Hebels nicht so leicht ist, wurde der zweite Weg gewählt und das Kalorimeter mit einer sich mitdrehenden Pappschachtel umgeben, welche mit einer etwa 1 cm dicken Watteschicht gefüttert war. Das Resultat war sehr befriedigend, mit dieser Vorsorge erhielt ich leicht Werte des Äquivalents, die vom JOULESchen Mittelwerte nur um einige Einheiten abweichen.

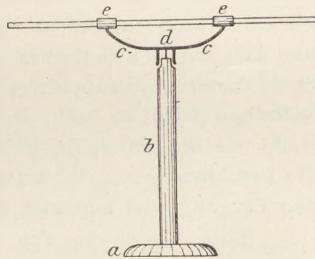
Rotationsapparat für die elektrischen Grundversuche.

Von Prof. Dr. Geschöser in Öls.

Um die elektrischen Grunderscheinungen an größeren Massen als den üblichen Hollundermarkkügelchen zu demonstrieren, benutze ich den folgenden Apparat. In den eisernen Fuß *a* ist der Hartgummistab *b* eingeschraubt. Dieser hat an seinem oberen Ende einen scharf zugespitzten Stahlstift, auf dem mittels des Hütchens *d* der Metallbügel *cc* schwiebt. Dieser trägt an seinen Enden die halbzylindrischen Aufleger *ee* aus isolierendem Material, die zum Auflegen verschiedener Stäbe dienen. In der Figur ist ein solcher bereits aufgelegt. Der Bügel *cc* bewegt sich sehr leicht auf dem Stahlstift. Um die Reibung des unteren Randes des Hütchens auf dem obersten Teile des Stabes *b* nach Möglichkeit zu vermindern, sind zwei kleine, seitliche Kugellager angebracht. Hierzu kommen noch drei Stäbe aus Flintglas, Hartgummi und Holz von Fingerstärke sowie ein Rohr aus dünnem Aluminiumblech. Die Stäbe und das Metallrohr haben eine Länge von 75 cm.

Legt man den Stab aus Holz, eine ebenso lange Glasröhre oder das Aluminiumrohr auf den Rotationsapparat und nähert dann dem einen Ende den elektrischen Hartgummistab in vertikaler Lage, so gerät der aufgelegte Stab in Bewegung und läßt sich in sehr rasche Drehung versetzen, wenn man den elektrisierten Stab im Kreise herumführt. Die weiteren Versuche bedürfen keiner Beschreibung; doch sei bei dieser Gelegenheit erwähnt, daß das beste Mittel zum Elektrisieren von Glas ein Blatt Papier ist. Probiert man verschiedene Sorten Druckpapier, so findet man bald eins oder das andere, das ganz ausgezeichnete Resultate liefert. Ein mit Papier geriebener Glasstab wird so stark elektrisch, daß man im verdunkelten Zimmer bis 10 cm lange Lichtbüschel aus dem Stabe, besonders aus der Spitze, während des Reibens ausstrahlt sieht. Ein Hartgummistab wird, mit einem Blatt Papier gerieben, positiv elektrisch. Schlägt man den im Apparat liegenden Metallstab mit der Spitze eines Fuchsschwanzes, so wird er elektrisch.

Der Apparat kann von der Firma F. Ernecke in Berlin-Tempelhof, mit den vier zu gehörigen Stäben zum Preise von M 16.— bezogen werden.



Chemische Unterrichtsversuche.

Von Dr. F. Küspert in Nürnberg.

1. Die Reduktion des Calciumcarbonates. In einem der letzten Hefte d. Zschr. wurde von OHMANN darauf hingewiesen, daß die übliche Reduktion des Kohlendioxydes durch Kalium ein ziemlich dürftiges Resultat ergebe; statt dessen erinnerte er an das von ihm in ds. Zschr. X 169 beschriebene Verfahren mit Magnesiumpulver. So elegant und sicher die Arbeitsweise ist, so möchte ich doch mindestens als Parallelversuch empfehlen, die Kohle auch aus dem Calciumcarbonat durch Magnesium abzuscheiden. Selbstverständlich muß dem Versuch der Nachweis zur Seite stehen, daß es sich beim CaCO_3 um einen Stoff handelt, aus dem dasselbe Gas abscheidbar ist, das durch Verbrennen von Kohle entsteht.

Die Reaktion selbst ist schon lange in der Literatur erwähnt (vergl. DAMMER, *Handb. d. anorgan. Chem. II*, 2, 411), doch scheint sie für Unterrichtszwecke bisher nicht ausgenutzt zu sein, denn HEUMANNS „Anleitung zum Experimentieren“ enthielt auch in der neuesten Auflage keine diesbezügliche Notiz. Ich verwende ein inniges Gemenge von 5 g Kalksteinpulver und 4 g Magnesiumpulver und schütte es zu einem spitzen Häufchen auf einem Ziegelstein oder dergl. aus. Die Spitze des Häufchens wird mit der Flamme eines Bunsenbrenners gezündet. Dadurch entsteht ein gelber Glutherd, der sich langsam verbreitert und von Zeit zu Zeit in blendend weiße Flammenblitze ausbricht, wobei weißes Magnesiumoxyd versprührt wird. Das abgebrannte Häufchen zeigt im Innern schwarze Farbe und hinterläßt bei Behandlung mit dünner Salzsäule schwarze amorphe Kohle, während Wasserstoff (durch unverändertes Magnesium und abgeschiedenes Calcium) entwickelt wird.

Im Reagenzrörchen ist der Vorgang etwas träger, offenbar weil die verbrennende Wirkung des Luftsauerstoffs auf das Magnesium und damit eine lebhaftere Temperatursteigerung ausgeschlossen ist.

Sehr lehrreich ist es, die Reaktion, wie folgt, auszugestalten: Ein halber Fingerhut voll des oben angegebenen Gemisches (nicht mehr!) wird über der Bunsenflamme so lange erhitzt, bis es anfängt zu glühen. In diesem Augenblick nimmt man das Gläschen aus der Flamme und läßt ein (schwedisches) Zündhölzchen so hineingleiten, daß der Kopf an die glühende Stelle kommt, dann erfolgt sofort ein sehr lebhaftes Erglühen der ganzen Masse, und das Rörchen wird so heiß, daß es beinahe abschmilzt. Das Zündholzköpfchen hat dieselbe Rolle wie die Zündpille beim Thermit. Daß nicht der in ihm enthaltene Braunstein allein die beschleunigende Wirkung ausübt, lehrt ein Kontrollversuch, denn dieser Stoff macht zwar den Vorgang viel lebhafter, aber bei weitem nicht in dem Maße als das Zündholzköpfchen.

Eine Gleichung für die Reduktion kann selbstverständlich auf Grund der vorbeschriebenen Versuche nicht gegeben werden; hierzu sind genaue Analysen notwendig. Dieselben werden demnächst in Angriff genommen.

2. Glühen des Kalkspates. In keinem der für die Unterrichtstechnik geschriebenen Bücher findet man eine Angabe, wie ein Versuch zum Kalkbrennen anzustellen sei. Das mag z. T. davon herkommen, daß man das Kalkbrennen für einen wohlbekannten Vorgang hält. Nun gibt es aber Gegenden, in denen weit und breit kein Kalkofen zu sehen ist; zudem müssen wir immer damit rechnen, daß viele unserer Schüler an derlei Dingen, ohne das Bedürfnis nach näherer Bekanntschaft, vorübergehen.

In einfacher und bequemer Weise läßt sich das Kalkbrennen zeigen, wenn man ein oder mehrere Spaltungsrhombederchen des Kalkspates in die Vertiefung eines aus nasser Asbestpappe geformten Tellerchens (Durchmesser etwa 2 cm) legt und eine Gebläseflamme darauf richtet. Das oder die Stückchen werden weiß und undurchsichtig, dabei behalten sie ihre Form und ihre scharfen Kanten. Nach dem Erkalten lassen sie sich in einem Reagenzrörchen ablöschen, was unter Zischen und starker Erwärmung geschieht. Da die Rhombederchen gewöhnlich nicht zerspringen, so kann man nebenbei den Gewichtsverlust mit Hilfe der Wage zeigen.

Im Anschluß hieran sei bemerkt, daß man, um die Bildung von Kohlendioxyd aus Kalkstein vorzuführen, mit Vorteil ein Eisenrohr benutzt, das mit Schraubenkappen aus Rot-

guß versehen ist (die eine trägt das messingne Ableitungsrohr) und, nach erfolgter Füllung mit Marmorbrocken, in einem Fletcherschen Röhrenofen zur hellen Rotglut gebracht wird. Die Gasentwicklung ist — nach hinreichend langer Frist — so reichlich, daß man außer der Prüfung mit Kalkwasser auch einen Vorlesungszylinder füllen und das Verlöschen einer Kerze zeigen kann.

3. Oxydation größerer Eisenmengen zu geschmolzenem Ferro-Ferrioxyd. Diese gelingt leicht, wenn man einen kleinen Schamottetiegel (etwa 4–6 cm) zur Hälfte mit gereinigten Eisenfeilspänen beschickt, ein kleines Stückchen glühender Holzkohle darauflegt und nunmehr Sauerstoff in kräftigem Strome (aus der Bombe) zutreten läßt. Unter Funken-sprühen schmelzen die Späne zu einer blendend weiß glühenden Masse zusammen, welche anscheinend Sauerstoff schluckt, da die Glut auch nach Abstellung der Sauerstoffzufuhr einige Zeit fast ungeschwächt anhält und da sich die Oxydation bis auf den Boden des Tiegels fortsetzt.

Nach dem Erkalten hat man einen schwarzgrauen, spröden Schmelzblock, der sich nach dem Zerschlagen von Hohlräumen durchsetzt erweist.

Der Versuch scheint mir im Hinblick auf den Hochofenprozeß nicht überflüssig, da er an seinem Produkte beweist, wie notwendig der Schutz des geschmolzenen Eisens durch die Schlacke ist. (Man vergl. hierzu d. Zschr. XI 230.)

4. Gewinnung von Kohlendioxyd aus einer Siphonflasche. In seinem trefflichen „Chemischen Experimentierbuch für Knaben“ gibt K. SCHEID auf S. 37 Anweisung, Kohlendioxyd aus einer Selterwasserflasche abzuzapfen. (Rasches Verschließen derselben mit einem Stopfen, in dessen Bohrung ein kurzes Glasröhrchen steckt.) Für den Unterricht dürfte eine Ergänzung der seinerzeit von SCHWALBE vorgeschlagenen instruktiven Versuche mit Selterwasser nach dieser Richtung ersprießlich sein. Um jedoch ausgiebige Quantitäten zu beschaffen, halte ich es für empfehlenswert, sog. Siphonflaschen zu benutzen. Man braucht sie nur umgekehrt mit einer Schnur frei aufzuhängen und durch kurzes Öffnen des Verschlußhebels die im Steigrohr befindliche Flüssigkeit abblasen zu lassen, um dann nach Bedarf mehr oder weniger Gas entnehmen zu können.

Aus einer Literflasche, welche unter 7 Atm. gefüllt war, ließen sich $3\frac{1}{2}$ l CO₂ abstechen; der fehlende Betrag ist auf Konto der unvermeidlichen Verluste zu setzen, die natürlich besonders groß bei Luftverdrängungsverfahren (ohne pneumatische Wanne) sind.

Versuche mit einfachen Mitteln.

2. F. Koerber in Groß-Lichterfelde. Ein Freihandversuch zur Ermittlung des Brechungs-exponenten des Glases. Man schneidet sich ein möglichst großes Quadrat aus Papier und setzt in die eine Ecke desselben einen Glaswürfel, wie man ihn in Papierhandlungen kaufen kann. Bringt man jetzt das Auge an die gegenüberliegende Ecke oder in die Verlängerung der Diagonale des Papierquadrates, so erscheint die doppelt sichtbare, hintere Vertikalkante (*C* im beistehenden Grundriß) des Würfels ziemlich genau mitten zwischen den direkt sichtbaren Kanten *D*, *A* und *B* (Fig. 1), verschiebt sich aber bei geringer seitlicher Bewegung des Auges deutlich in gleicher Richtung. Daraus läßt sich ein richtiger Wert für den Brechungsquotienten des Glases ohne jede Messung und ohne Benutzung der Logarithmentafel ableiten. Wenn die Entfernung des Auges im Vergleich zu den Dimensionen des Würfels groß ist, so darf der von *C* ausgegangene Strahl nach seinem Austritt aus der Mitte von *A B* näherungsweise als parallel zur Diagonale *A C* angesehen werden. Daher ist $\alpha = 45^\circ$, $\sin \alpha = \frac{1}{2}\sqrt{2}$. Andererseits ergibt sich sofort aus der Figur 1, daß

$$\sin \beta = \frac{a}{2} : \frac{a}{2}\sqrt{5} = \frac{1}{\sqrt{5}}.$$

Mithin folgt für den Brechungsquotienten des Glases

$$n = \frac{\sqrt{2}}{2} : \frac{1}{\sqrt{5}} = \frac{1}{2}\sqrt{10} = 1,58,$$

ein Wert, der, auf 1,6 abgerundet, für schweres Kronglas und leichtes Flintglas richtig ist. Will man auch die Richtigkeit des Brechungsgesetzes durch messende Versuche am Glaswürfel prüfen, so ist dies in einfachster Weise ausführbar. Man stellt den Glaswürfel auf

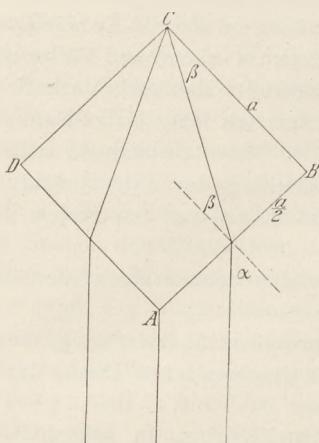


Fig. 1.

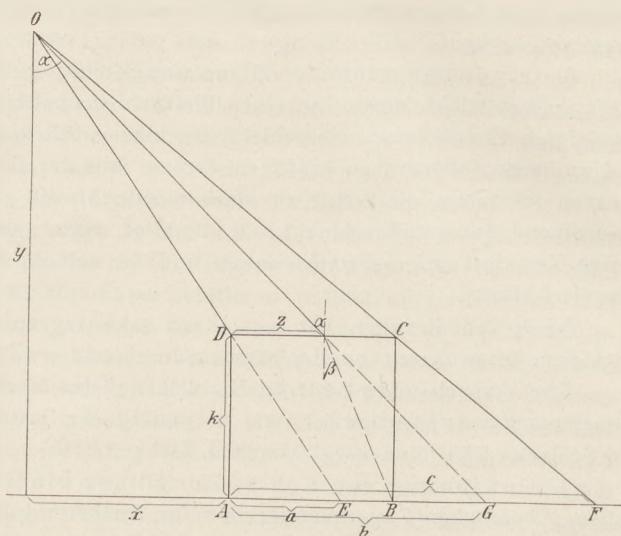


Fig. 2.

einen Maßstab, am besten mit Zahlen versehenes Koordinatenpapier, und beobachtet, indem man das Auge O (Figur 2) in die Ebene einer Seitenfläche bringt, diejenigen Stellen des Maßstabes, nach denen sich die in D , C und B endenden Horizontalkanten projizieren. Man gewinnt dadurch die drei Strecken $AE = a$, $AG = b$, $AF = c$ und kann aus diesen und der Länge k der Würfekante das Sinusverhältnis für die verschiedensten Werte von α und β berechnen. Es ergibt sich nämlich nach dem Strahlensatz:

$$\frac{y}{k} = \frac{a+x}{a} = \frac{c+x}{c-k},$$

woraus folgt

$$x = \frac{ak}{c-a-k} \quad \text{und} \quad y = \frac{(a+x)k}{a}.$$

Alsdann ergibt sich

$$DH = z \quad \text{aus} \quad \frac{z}{b-a} = \frac{x}{x+a} \quad \text{und endlich} \quad \alpha \text{ und } \beta \text{ aus} \quad \tan \alpha = \frac{b+x}{y}, \quad \tan \beta = \frac{k-z}{b}.$$

Mit einem Würfel von 41 mm Kantenlänge ergaben z. B. sechs Beobachtungen die folgenden Werte:

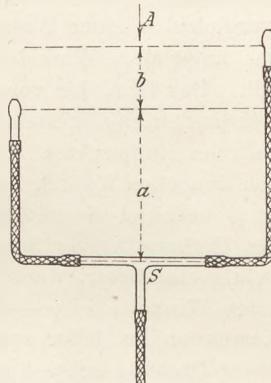
Beobachtet			Berechnet					
a	b	c	x	y	z	α	β	n
20 mm	51 mm	68 mm	117,1 mm	281,0 mm	26,5 mm	30°,9	19°,5	1,54
30	57	77	205,0	321,2	23,5	39,2	23,1	1,61
40	62	91	164,0	209,1	17,7	47,2	29,6	1,49
50	70	100	227,8	227,8	16,4	52,6	31,0	1,54
60	80	112	223,6	193,8	15,8	57,4	31,6	1,61
70	88	121	287,0	209,1	14,5	60,9	32,9	1,61
								Mittel: 1,57.

Das Fehlen eines Ganges in den Werten von n lässt die Konstanz dieser Größe erkennen, indem die Abweichungen vom Mittelwerte mit Rücksicht auf die naturgemäß geringe Genauigkeit des Freihandversuches leicht erklärlisch sind.

Natürlich ist der Besitz eines genauen Würfels für diese Versuche nicht einmal notwendig, es genügt vielmehr jeder Glaskörper mit quadratischer Basis, etwa ein Tuschnäpfchen,

Tintenfaß oder dergleichen. Die quadratische Basis wird beim Versuch senkrecht gestellt und entspricht dann dem Quadrat $ABCD$ unserer Figur 2.

3. H. Schnell in Darmstadt. Zur Erklärung der Entstehung des Zuges im Schornstein. Dazu lassen sich folgende Versuche machen. Man verzweigt einen Leuchtgasstrom in einem T-Rohr und läßt ihn aus zwei Glasmehrchen von etwa 5 mm innerer Weite, die durch Schläuche mit dem T-Rohr verbunden sind, austreten (vergl. Figur). Beide Röhrchen werden mit ihrem oberen Ende auf genau gleiches Niveau gebracht und an Stativen befestigt. Dann wird die Gaszufuhr mit dem Hahn so geregelt, daß das austretende Gas mit einer Flammenhöhe von $\frac{1}{2}$ cm brennt. Senkt man nun das eine Röhrchen ein wenig, so wird seine Flamme kleiner und die andere größer¹⁾. Denn das Gas, das sich bei S verzweigt, hat auf der rechten Seite außer dem atmosphärischen Luftdruck A das Gewicht der $a + b$ cm hohen Leuchtgassäule zu überwinden, wogegen es auf der linken Seite außer dem Druck A das Gewicht der a cm hohen Leuchtgassäule und der b cm hohen Luftsäule zu überwinden hat. Auf der linken Seite ist also der Druck um so viel größer, als die b cm hohe Luftsäule mehr wiegt als die gleich hohe Leuchtgassäule. Geht man auf der linken Seite noch tiefer herunter, so wird der Druckunterschied immer größer und schließlich so groß, daß auf dieser Seite überhaupt kein Gas mehr austreten kann, und die Flamme ausgeht. Wenn man dann noch weiter herunter geht, indem man das linke Röhrchen einfach auf den Tisch legt, dann wird sogar das Gas auf der linken Seite von dem äußeren Luftdruck in den Schlauch hineingedrückt. Das läßt sich dadurch zeigen, daß man den Gashahn zudreht, dann brennt die rechte Flamme so lange weiter, bis alles im Schlauch befindliche Gas durch die Luft hinausgetrieben ist. Hält man dagegen das linke Röhrchen zu, so hört die rechte Flamme sofort zu brennen auf. Der rechte Schlauch vertritt den Kamin, das linke Röhrchen das Zugloch und das Leuchtgas die heißen Verbrennungsgase.



4. Adami in Hof. Ein instruktiver Versuch über Reibungselektrizität. Man verschaffe sich einen auf einer Seite matt geschliffenen Glasstreifen von 5 mm Breite und 110—120 mm Länge. Solche Glasstreifen erhält man als Abfall bei jedem Glaser. Reibt man jetzt jede der drei blanken Glasseiten mit einem Lederlappen, so zeigt der Glasstreifen stets positive Elektrizität.

Wird aber die matte Glasseite mit dem Lederlappen gerieben, so ist der Glasstreifen negativ elektrisch. Da die Schüler nicht erkennen — außer sie erhalten den Glasstreifen in die Hand — daß die vierte Seite matt geschliffen ist, so ist dieser Versuch sehr geeignet, das Nachdenken der Schüler anzuregen.

Für die Praxis.

Luftwiderstand beim freien Fall. Von G. Junge in Berlin. Daß die Geschwindigkeiten gleichzeitig fallen gelassener Körper um so weniger voneinander abweichen, je weniger Luft der durchfallene Raum enthält, wird gewöhnlich durch Auspumpen einer Glasröhre nachgewiesen, die zwei gleich große, aber ungleich schwere Körper enthält. Eine Ergänzung bildet der Versuch, daß in dieselbe Glasröhre Luft hineingepumpt wird. Ein Papierstreifen flatterte dann bisweilen in einer deutlichen Spirale herab.

Zur Handhabung des Meyersteinschen Heliostaten. Von H. Rebenstorff in Dresden. Anstatt den zweiten Spiegel dieses Heliostaten durch das bisweilen unbequeme Herausziehen mit der Hand mühsam bis zum wagerechten Verlaufe des Sonnenstrahles ein-

¹⁾ Vergl. hierzu ds. Zeitschr. XIV, 95 (Warburg), XVI, 132 (Behn) und XIV, 24 (Steindel).

zustellen, ist es wohl auch anderen Physiklehrern eventuell durch etwas tieferes Aufstellen des Heliostaten möglich, die zweite Reflexion durch den Spiegel des Handheliosaten besorgen zu lassen. Dieser wird dann sehr bequem vom Zimmer aus eingestellt, und wenn späterhin infolge eines geringen Fehlers der Aufstellung des ersten Spiegels eine Korrektion erwünscht ist, so kann wiederum am Handheliosaten nachgestellt werden ohne Aufziehen der Vorhänge.

Mit einer Dosenlibelle, die auf den vom Uhrwerk bewegten Spiegel gestellt ist, kann man die Zuverlässigkeit der Einstellung des Spiegels in Rücksicht auf die Tagesdeklination der Sonne prüfen bzw. demonstrieren. Es ist klar, daß bei wagerecht stehendem Spiegel (vergleichbar einer Wasseroberfläche) ein Strahl in Richtung der Weltachse reflektiert wird, der unter dem Winkel der geographischen Breite in der Meridianebebene auf den Spiegel fällt. Der Arm, der vor dem Gradbogen die Aufstellung des Spiegels in Rücksicht auf die Deklination angibt, steht nach Wagerechtmachen des Spiegels bei uns einige (α) Grade oberhalb des Nullpunktes. Eine solche Stellung gibt man dem Arm, wenn die Tagesdeklination den doppelten Winkel, 2α , beträgt, oder die Sonnenhöhe zur Mittagszeit gleich $90 - \varphi + 2\alpha$ ist (φ bedeutet die geographische Breite). Bei richtiger Neigung der Heliostatenachse gegen den Horizont ist der Spiegel mittels des Gradbogens für die Deklination an dem Heliostaten richtig einstellbar, wenn der abgelesene Winkel α mit dem aus $\varphi = 90 - \varphi + 2\alpha$ berechneten Winkel $\alpha = \varphi - 45^\circ$ übereinstimmt. Eine hierbei bemerkte Abweichung kann als Korrektion bei jeder späteren Spiegeleinstellung benutzt werden. An den Heliostaten mit fester Drehungsachse kontrolliert man deren Neigung gegen den Horizont mit einem in Größe der geographischen Breite geschnittenen Winkel aus Pappe durch Danebenhalten und Visieren.

Die Einstellung des Spiegels in Rücksicht auf die Tageszeit geschieht bequem mittels des an manchen Konstruktionen vorhandenen kleinen Schattenzeigers. Ist der Spiegel mit der Dosenlibelle horizontal gemacht, so muß die Schattenspitze ohne Rücksicht auf die jeweilige Deklination der Sonne richtig einstehen, falls die Heliostatenachse genau im Meridian orientiert ist. Die letztere Aufstellung, die wohl bei manchem Heliostaten einigermaßen unsicher ist, kann man nach dem Erwähnten, wie folgt, berichtigten. Man verschafft sich genaue mitteleuropäische Zeit und stellt kurz vor dem nach der Zeitgleichung sich ergebenden wahren Mittage den Heliostatenspiegel ziemlich wagerecht ein, so daß beim Zeitpunkte des Mittags die Libellenblase noch genauer in der Mitte ist. Im allgemeinen wird alsdann die Spitze des Schattenzeigers nicht die Marke berühren. Man dreht nun den Heliostaten auf dem Brette seiner Aufstellung um die Vertikale, bis der Schattenzeiger einsteht. Die so gefundene richtige Aufstellung des Heliostaten wird für das Wiederauffinden durch feste Marken bezeichnet.

Die Schüler pflegt es zu interessieren, wie die Luftblase einer Dosenlibelle auf dem schon fast wagerechten, vom Uhrwerk bewegten Spiegel durch die Mitte wandert. Die Bewegung der Blase erscheint ohne Lupe stetig und ist etwa so schnell wie diejenige der Zeigerspitze einer Turmuhr. Indem man den Spiegel wieder etwas zurückstellt, kann man das Durchwandern der Libellenmitte beliebig wiederholen und in ersichtlicher Weise aus der z. B. bei 1 cm Weg verstrichenen Sekundenzahl den Krümmungsradius der Mitte des Libellendeckglases, auch zur Beurteilung des Neigungswinkels, den ein nicht zentraler Stand der Blase auf einer Fläche anzeigt, berechnen.

An dem bis zur Vertikalstellung herumgedrehten Spiegel kann man die Wanderung der mit einem Fernrohr betrachteten Spiegelbilder beobachten lassen. Ist der Spiegel gut geschliffen, so ist die Benutzung stärkerer Vergrößerungen möglich. Bei freier Lage der geöffneten Zimmerfenster kann man aus der Zeit zwischen dem Durchgange zweier entfernter Punkte durch das Fadenkreuz (und der geographischen Breite wegen der Neigung des vertikalen Spiegels gegen die Drehungsachse) den Gesichtswinkel des Punktabstandes berechnen.

Berichte.**1. Apparate und Versuche.**

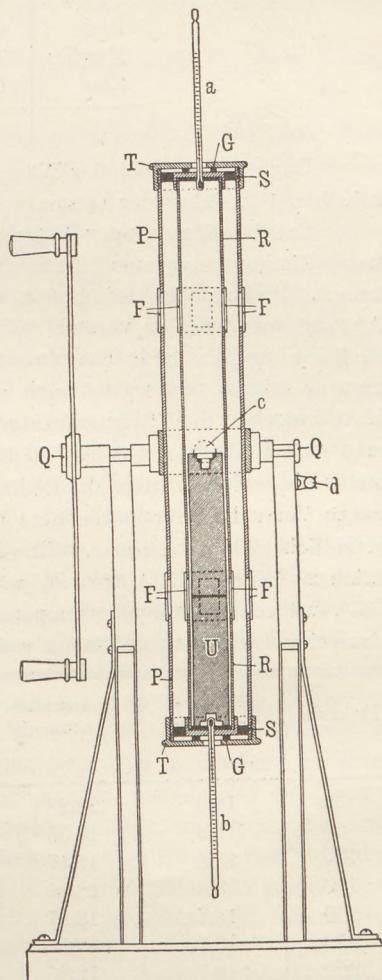
Ein Apparat zur Bestimmung des mechanischen Wärmeäquivalents. Von H. RUBENS (*Ber. d. deutschen physikal. Gesellsch.* 1906 Heft 5). Gewisse Schwierigkeiten bei dem Gebrauch der Apparate von PULUJ und CHRISTIANSEN haben den Verf. zur Konstruktion des vorliegenden geführt. Wenn der von GRIMSEHL beschriebene (ds. Zeitschr. XVI 290) vorwiegend für einen raschen Demonstrationsversuch im Unterricht bestimmt ist, erscheint der von RUBENS angegebene mehr für das physikalische Praktikum der Hochschule geeignet und ermöglicht im Vergleich mit dem GRIMSEHLSchen eine verhältnismäßig größere Genauigkeit in der Ermittlung der Wärmemenge.

Als Kalorimetergefäß dient eine 60 cm lange und 4,5 cm weite, mit Maschinenöl gefüllte Messingröhre *R R*, die oben und unten mit Verschlußkappen versehen ist, in die Thermometer (*a* und *b*) hineinragen. Die Röhre ist in eine zylindrische, innen und außen hochglanzpolierte vernickelte Messinghülle *PP* eingeschlossen, die um eine horizontale mit Doppelkurbel versehene Achse *QQ* drehbar ist. Die Verschlußkappen *TT* der Hülle *PP* sind durch Ebonitringe *SS* und Gummiringe *G* an die Röhre *RR* angepaßt, derart, daß zwischen Röhre und Hülle ein etwa 2 cm dicker Luftmantel entsteht und ein Wärmeübergang nach außen möglichst verhindert ist. Rohr und Hülle besitzen je 8 Fenster *FF* von der Größe 4 × 2 cm, die einander paarweise gegenüberstehen; die Fenster des Kalorimeterrohres sind durch aufgekittete Glasscheiben, die der Hülle durch Glimmerscheiben verschlossen.

Im Innern des Kalorimeters befindet sich ein zylinderförmiges, über 4 kg schweres Bleigewicht *U*, das mit geringem seitlichen Spielraum nahezu die Hälfte des Gefäßes ausfüllt. Dreht man den Apparat mit mäßiger Geschwindigkeit um 180°, so wird das Bleigewicht vermöge der großen Anfangsreibung bis zur Höchstlage mitgenommen, verweilt einige Zehntelsekunden in dieser Stellung und bewegt sich dann mit der Geschwindigkeit von etwa 10 cm/sec in dem Maschinenöl abwärts. Die Wirkung des Stoßes wird durch eine zugleich zur Abdichtung der Verschlußkappen dienende Lederscheibe fast bis zur Unmerklichkeit gemildert. Das Gewicht ist überdies an beiden Endflächen mit entsprechenden Höhlungen versehen, damit die Thermometergefäß nicht Schaden leiden. Der Apparat enthält noch zwei weitere Thermometer *c* und *d*, die dazu dienen, die Temperatur in dem Luftmantel und in der Außenluft zu messen. Als Rührvorrichtung für den Luftmantel sind in diesen 36 Korkwürfel von zusammen 7 g Gewicht gebracht, die bei jeder Halbdrehung der Kurbel mitgenommen werden und dann senkrecht herabfallen. Die Thermometer sind sämtlich in Zehntelgrade geteilt, ihre Skala reicht von 15° bis 30° C.

Beträgt das Gewicht des Fallkörpers *Q* kg, die Fallhöhe *h* m, das spezifische Gewicht des Bleies *s*, das des Öles *s₁*, so ist die bei einem Hub geleistete und beim Fallen in Wärme verwandelte Arbeit

$$p = k \cdot h \frac{s - s_1}{s}$$



In einem Fall war $k = 4,020 \text{ kg}$, $h = 0,301 \text{ m}$, $s = 11,5$, $s_1 = 0,91$, mithin $p = 1,113 \text{ kgm.}$

Zur Bestimmung der erzeugten Wärme waren zunächst die spezifischen Wärmen der Bestandteile des Kalorimeters erforderlich. Für das Maschinenöl war der Wert durch 10 Versuche nach der Mischungsmethode zwischen 15° und 45° ermittelt worden. Es ergab sich für

	Masse	Spezifische Wärme	Wärme-capazität
Öl	0,565 kg	0,477	0,2695
Blei	4,020 -	0,305	0,1226
Messing	1,050 -	0,090	0,0945
Glas	0,030 -	0,190	0,0057
			0,4923

Dazu kommt noch der Wasserwert der beiden Thermometergefäß 0,6 g, der der Leder-scheiben 1 g, daher der Gesamtwasserwert des Kalorimeters 0,4939 g.

Bei Ausführung der Messungen verfährt man so, daß man den Apparat um etwa 2° unter Zimmertemperatur abkühlt, indem man ihn für kurze Zeit in einen kälteren Raum bringt. (Beim Zurückbringen in den Versuchsräum ist Kondensation von Wasserdampf am Apparat sorgfältig zu vermeiden.) Man röhrt dann die Kalorimeterflüssigkeit durch etwa 30 Hübe um, bis beide Thermometer a und b auf einige Hundertstel Grade die gleiche Temperatur zeigen, und wartet noch so lange, bis die Temperatur des Luftmantels etwa in der Mitte zwischen den Temperaturen des Kalorimeters und des Zimmers liegt. Dann beginnt man eine Reihe von 400 bis 500 Hüben, indem man etwa nach je 50 Hüben die 4 Thermometer abliest, und bricht die Reihe dann ab, wenn die Thermometer a und b dieselbe für die ganze Versuchsdauer berechnete Durchschnittstemperatur ergeben wie das im Luftmantel befindliche Thermometer c . Eine in dieser Art ausgeführte Versuchsreihe von 450 Hüben nahm 29 Minuten in Anspruch, während dessen stieg die Temperatur im Luftmantel um $0,87^\circ$, während die Zimmertemperatur um $0,4^\circ$ gesunken, also für den vorliegenden Zweck hinreichend konstant geblieben war.

Hubzahl <i>n</i>	Zimmer-temperatur <i>d</i>	Temperatur im Luftmantel <i>c</i>	Kalorimetertemperatur			δt	$\delta_1 t$
			<i>a</i>	<i>b</i>	$\frac{a+b}{2}$		
0	19,0°	18,28°	17,44°	17,46°	17,450°	0,320°	0,266°
50	18,9	18,38	17,77	17,77	17,770	0,295	0,257
100	18,8	18,47	18,06	18,07	18,065	0,285	0,261
150	18,8	18,58	18,35	18,35	18,350	0,275	0,264
200	18,7	18,67	18,62	18,63	18,625	0,260	0,263
250	18,7	18,77	18,88	18,89	18,885	0,245	0,260
300	18,7	18,86	19,13	19,13	19,130	0,240	0,266
350	18,7	18,95	19,37	19,37	19,370	0,235	0,272
400	18,6	19,04	19,61	19,60	19,605	0,220	0,267
450	18,6	19,15	19,82	19,83	19,825		
Mittel:		19,715			19,707		0,264

Die vom Verfasser mitgeteilte Übersicht der Versuchsergebnisse läßt erkennen, daß die Erwärmung δt des Kalorimeters für je 50 Hübe mit steigender Temperatur wegen der wachsenden Wärmeabgabe nach außen langsam abnimmt. RUBENS korrigierte diese Werte nach dem Newtonschen Abkühlungsgesetz mit Hilfe eines empirisch gefundenen Abkühlungskoeffizienten 0,075 und erhielt dann für die Erwärmung bei je 50 Hüben nahezu gleiche Zahlen $\delta_1 t$, deren Mittelwert 0,264° betrug. Die gesamte Temperaturerhöhung bei 450 Hüben belief sich auf 2,375°; auch diese Zahl bedurfte noch einer kleinen Korrektur, da die Durchschnittstemperatur im Mantel während der Reihe um 0,008° höher war als im Kalorimeter; dies lieferte 2,370° und daraus ergab sich schließlich das mechanische Wärmeäquivalent

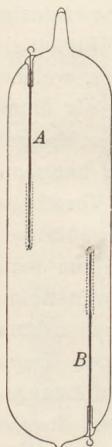
= 428 kgm. Indessen schwankten bei 10 Versuchsreihen mit drei verschiedenen Apparaten die erhaltenen Werte doch nicht unbeträchtlich, von 418 bis 433, der Mittelwert aus den 10 Versuchen war 424,8, also etwa $\frac{1}{2}\%$ zu klein. Doch ist kein genaueres Ergebnis zu erwarten, da auch die benutzten spezifischen Wärmenden auf nicht mehr als etwa $\frac{1}{2}\%$ genau sind. Im Praktikum wird man sich meist mit 100 bis 200 Hüben begnügen, wobei die erreichbare Genauigkeit bis zu etwa 3% geht. Von etwaigen konstanten Fehlerquellen kommt ein zu frühes Abreißen des Fallgewichts, wie die Untersuchung ergeben hat, nicht in Betracht; ein etwaiger Verlust durch Stoßarbeit ist, wie eine einfache Rechnung zeigt, minimal; zu vermeiden ist aber ein ruckweises Drehen des Apparates, man muß jede Halbdrehung langsam beginnen und sanft beendigen.

Der Apparat ist von dem Mechaniker der technischen Hochschule zu Berlin, Herrn Leetz,
angefertigt worden. P.

Einfache Vorrichtungen zur Feststellung des Verlaufes periodischer elektrischer Vorgänge. Die Erscheinungen, welche der zeitlich veränderliche, sogen. inkonstante elektrische Strom in Leitungskreisen zeigt, sind wesentlich andere als die bei Gleichstrom auftretenden, es tritt die Bedeutung der Selbstinduktion hervor, man beobachtet Resonanzerscheinungen, und diese erweisen sich nicht nur von den Leitungs-, sondern auch von den elektrischen Verhältnissen wie Spannung, Stromstärke und Änderungsgeschwindigkeit abhängig. Der Verlauf dieser veränderlichen Ströme ist aber sehr verschieden, wie man aus den ganz verschiedenen Ergebnissen von Versuchen schließen mußte, bei denen man gleiche Verhältnisse zu haben glaubte. Es erwies sich daher als notwendig, Mittel zu finden, um den zeitlichen Verlauf solcher Ströme zu ermitteln, die Stromkurven, und man versuchte dies zuerst an Wechselstrommaschinen mit Erfolg in der Weise zu erreichen, daß man auf der Achse neben den Schleifringen noch zwei isolierte Scheiben anbrachte, auf denen je nur an einer einzigen Stelle des Umfanges, und zwar bei beiden nebeneinander, ein mit je einem Schleifringe versehenes Kontaktstück befestigt war; auf diesen Kontaktstücken schleiften zwei mit den Klemmen z. B. eines Voltmeters verbundene Bürsten, welche um die Achse verstellbar waren, das Voltmeter erhielt dann in gleichen Abständen Stöße bestimmter Spannung, die einen bestimmten mittleren Ausschlag veranlaßten, und man konnte so die Kurve punktweise aufnehmen, indem man diesen mittleren Ausschlag für eine Anzahl äquidistanter, auf den ganzen Umfang verteilter Bürstenstellungen ermittelte (JOUBERT). Man hat dieses etwas umständliche Verfahren verbessert und Apparate konstruiert, welche nach diesem Prinzip selbsttätig arbeiten und eine vollständige Kurve in weniger als einer Minute aufzeichnen — Ondograph von HOSPITALIER —, es blieb aber immer der Mangel der Methode bestehen, daß eben die Aufnahme nur punktweise erfolgt, und daher hat man andere Vorrichtungen konstruiert, die Oszillographen, welche stetige Kurven der Vorgänge in der Weise geben, daß wirklich in jedem Augenblick die Kurvenordinate dem zugehörigen Werte der veränderlichen Größe entspricht (BLONDEL 1893). Man erreicht dies, indem man von der Erscheinung Gebrauch macht, daß ein stromdurchflossener Leiter im Magnetfelde einen Bewegungsantrieb erfährt, und zwar spannt man in dem schlitzförmigen Zwischenraum zwischen den Polschuhen eines Elektromagneten zwei dünne parallele Drähte aus, deren Enden auf der einen Seite miteinander verbunden, auf der anderen mit den Zuführungs-klemmen versehen sind — BLONDELSche Schleife; beide Drähte werden dann vom Strom entgegengesetzt durchflossen, es wird also, wenn die Polschuhe und die Drähte senkrecht übereinander angeordnet sind, der eine Draht nach vorn und gleichzeitig der andere nach hinten abgelenkt werden, und wenn man sie in der Mitte mit einer leichten (isolierenden!), ein leichtes Spiegelchen tragenden Verbindung versieht, so wird dasselbe eine von der Richtung und Größe des Stromes in die Drähte abhängige Drehung erfahren. Läßt man nun das durch eine Linse konzentrierte Licht z. B. einer Bogenlampe von dem Oszillographen auf einen rotierenden Spiegel und von diesem auf einen Schirm werfen, so erscheint auf letzterem, wenn die Eigenperiode des Oszillographen hinreichend klein und der ihn durchlaufende Strom veränderlich ist, die zugehörige Kurve. Einen sehr handlichen Oszillographen

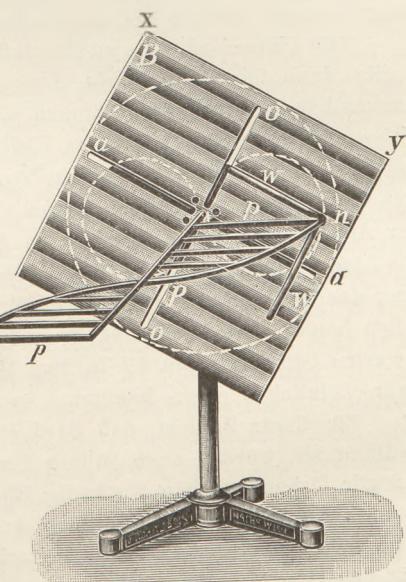
dieser Art, der bequem an einem retortenhalterähnlichen Stativ verstellbar ist, hat A. WEHNELT konstruiert; die Drahtschleife besteht aus 2 bis 3 mm voneinander abstehenden hartgezogenen Silberdrähten und ergibt bei 2 m Schirmabstand und 0,5 Amp. Belastung Amplituden von 100 cm, die Eigenschwingungsdauer beträgt 0,003 Sek. gegen 0,0001 Sek. bei einem nach gleichen Grundsätzen gebauten feineren Apparat von W. DUDDELL, so daß der Apparat für feinere Messungen nicht verwendbar ist. Sehr bequem für den in Rede stehenden Zweck sind einige Methoden, welche auf der Abhängigkeit elektrischer Lichterscheinungen von den in Frage kommenden veränderlichen Größen beruhen. Zunächst ist die BRAUNSche Röhre zu nennen, ein Vakuumrohr von ziemlicher Länge und mit einer zylindrischen Erweiterung am einen Ende: der enge Teil des Rohres enthält eine Kathode am Ende und in einem Abstande davon eine ringförmige Anode sowie zwei Diaphragmen, welche nur ein dünnes Bündel Kathodenstrahlen auf einen am Ende des weiten Teils angebrachten Glasschirm mit Calciumwolframat gelangen lassen. Unmittelbar hinter dem zweiten Diaphragma wird neben der Röhre eine kleine eisenlose, von dem zu untersuchenden Strom durchflossene Spule angebracht und der durch diese zu einem Lichtstreifen ausgezogene Lumineszenzfleck mit Hilfe eines rotierenden Spiegels beobachtet. Man kann ferner, wenn es sich um Feststellung von Wechselstromkurven handelt, mit Hilfe eines von einem Synchronmotor gedrehten Widerstandes und einer Gleichstromquelle einen Hilfsstrom erzeugen, der während jeder Periode des zu untersuchenden Wechselstromes von Null an proportional der Zeit bis zu einem bestimmten Wert am Ende der Periode wächst und dann plötzlich wieder auf Null fällt, und diesen Strom durch eine zweite Spule schicken, die so an der Röhre angeordnet ist, daß sie eine Ablenkung des Lichtfleakes senkrecht zu der von der ersten Spule veranlaßt bewirkt; man erhält dann auf dem Wolframatschirm das vollständige rubende Bild der Stromkurve, das man, wenn die Röhre von einer kräftigen Influenzmaschine erregt ist, bequem photographieren kann. Auf einer ganz anderen Erscheinung beruht der Glimmlichtoskopograph von E. GEHRKE (Verh. d. Deutsch. phys. Ges. VI 176-178; 1904, Zeitschr. f. Instrumentenkunde 1905, S. 33-36). Im Jahre 1901 fand N. HEHL in Erlangen, daß das negative Glimmlicht in Vakuumröhren einen Flächenraum einnimmt, der der Stromstärke proportional ist; bei einer drahtförmigen Kathode ist demnach die von Glimmlicht bedeckte Länge des

Drahtes der Stromstärke proportional, doch gilt dies nur, solange noch nicht die ganze Kathode vom Glimmlicht bedeckt ist. Die gleiche Gesetzmäßigkeit fand unabhängig auch H. A. WILSON 1902, LESSING fand, daß die Ausdehnung der Glimmlichthülle bei Wechselstrom ohne irgendwie merkbare Verzögerung den Stromänderungen folgt, und GEHRKE gründete unabhängig von LESSING auf das HEHL-WILSONSche Gesetz eine Methode zur Bestimmung des Stromverlaufes hochgespannter Wechselströme. Zwei je 10 cm lange Nickeldrähte werden in ein weites Geißlerrohr (s. Fig.) so eingeschmolzen, daß sie von entgegengesetzten Seiten desselben mit parallelen Längssachsen bis zur Ebene des mittelsten Querschnittes reichen, das Rohr also in Richtung der Ebene der Elektroden gesehen von einem Drahte der Länge nach durchzogen erscheint. Das Rohr wird sodann mit reinem Stickstoff gefüllt, der unbedingt trocken sein muß, und bei 7 bis 8 mm Quecksilberdruck abgeschmolzen; zur Kurvenermittlung wird die Röhre, wenn die Spannung unter 300 Volt beträgt, vermittelst eines kleinen Transformators angeschlossen und mittels rotierenden Spiegels das Glimmlicht beobachtet, das dann in Gestalt leuchtender Flächen erscheint, deren Begrenzung die gesuchte Kurve ist. Auch diese Kurven sind leicht photographierbar, und zwar am besten durch Projektion des Röhrenbildes auf einen Spalt, hinter dem eine photographische Platte vorbeifällt; GEHRKE hat für diesen Zweck eine neue Röhrenform angegeben, welche zwei einander gegenüberstehende und in einer Ebene liegende rechteckige Nickelblechelektroden enthält, die durch Glimmer voneinander getrennt sind. Das HEHLSche Gesetz gilt, wie GEHRKE gefunden hat, auch für das anodische Glimmlicht, das aber cet. par. stets von erheblich geringerer Ausdehnung ist als das kathodische. Der Glimmlichtoskopograph dürfte das einfachste und be-



quemste Mittel sein, um den Verlauf periodisch veränderlicher Ströme objektiv zu demonstrieren wie auch photographisch zu fixieren. Über seine Verwendung vergleiche man die Mitteilungen von E. RUHMER in diesem Heft S. 141. *W. Biegon von Czudnochowski.*

Ein Modell zur Erläuterung der Zerlegung eines linear polarisierten Lichtstrahls bei der Doppelbrechung. Von HANS HARTL in Reichenberg. Eine drehbare quadratische Blechscheibe *B* stellt die Kalkspatplatte vor, deren Haupt schnitte durch entsprechenden Anstrich gekennzeichnet sind. Der einfallende polarisierte Lichtstrahl *P* ist durch eine halbe Welle gekennzeichnet. Derselbe wird so eingestellt, daß die die Schwingungen in der üblichen Weise versinnbildlicht. Derselbe wird so eingestellt, daß die die Schwingungen darstellenden Drähte wagrecht sind. Hinter der drehbaren Platte *B* befindet sich eine feststehende Platte mit zwei kreisförmigen, in der Figur punktierten Ausschnitten, deren Durchmesser gleich ist der Amplitude *p* des einfallenden Strahles. Auf der drehbaren Platte *B* ist ein Achsenkreuz ausgeschnitten, dessen Arme aufeinander senkrecht stehen und gleichfalls die Länge *p* besitzen. Die Richtungen der Arme sind parallel, bzw. senkrecht zur Richtung *xy* der Haupt schnitte, entsprechen somit den Schwingungsrichtungen des außerordentlichen und ordentlichen Strahles und sind dementsprechend mit *aa* und *oo* bezeichnet. Der Ausschnitt *aa* ist mit mattem roten, der Ausschnitt *oo* mit mattem grünen Glase bedeckt. Stellt man hinter das auf einem gußeisernen Fuße befindliche Modell eine leuchtende Flamme, oder stellt man das Modell gegen den hellen Himmel ein, so ergibt sich beim Drehen der Platte *B* die jeweilige Intensität des außerordentlichen und des ordentlichen Strahles durch die rot bzw. grün leuchtenden Arme des Achsenkreuzes. Ihre Beziehungen zur Amplitude *p* des einfallenden Strahles lassen sich in der aus der Figur ersichtlichen Weise durch einen aus geschwärztem Blech hergestellten rechten Winkel *w*, der bei *n* drehbar angesetzt ist, in jeder beliebigen Stellung nachweisen. — Auf Wunsch kann das Modell auch so eingerichtet werden, daß man keines durchfallenden Lichtes bedarf. Es treten dann an die Stelle der beiden kreisförmigen Ausschnitte zwei weiße Kreisscheiben auf schwarzem Grund, und die Arme des Achsenkreuzes sind nicht mit mattem, sondern hellen farbigen Gläsern bedeckt. Diese Anordnung hat den Vorteil, daß alles auf und vor der drehbaren Platte *B* befindliche besser sichtbar ist; doch erscheinen die Amplituden der beiden komponentalen Strahlen nicht so leuchtend wie im durchfallenden Lichte. Die Vorrichtung wird von W. J. Rohrbecks Nachfolger in Wien und von Jul. Antusch in Reichenberg hergestellt.



(*Zeitschr. f. d. Realschule*. 1905.)

2. Forschungen und Ergebnisse.

Becquerelstrahlen und Radioaktivität. (Vergl. den Bericht im vorigen Heft S. 109.)

2. Die Umwandlung der radioaktiven Substanzen. Die in ds. Zeitschr. XVIII beschriebenen verschiedenen Umwandlungsprodukte des Radiums wurden von RUTHERFORD weiter geprüft (*Phil. Mag.* 10, 290; 1905). Er untersuchte namentlich bei den einzelnen Produkten die Änderung der Aktivität mit der Zeit und isolierte dabei ein neues Produkt, das vorher übersehen war. Wird ein Körper der Radiumemanation ausgesetzt, so nimmt seine Aktivität nach der Entfernung des Erregers rasch ab. Nach 24 Stunden sind die auf dem Körper abgelagerten, mit *A*, *B*, *C* bezeichneten Produkte vollständig umgewandelt. Es bleibt dann nur eine geringe Aktivität zurück, deren Größenordnung 1 Milliontel

der ursprünglichen Aktivität beträgt. Diese Restaktivität äußert sich durch α - und β -Strahlen, die sich beide aber erst allmählich entwickeln. Daraus schließt RUTHERFORD, daß der Restaktivität eine strahlenlose Substanz angehört, aus deren Umbildungsprodukten dann die Strahlen entspringen. Diese strahlenlose Substanz soll jetzt Radium *D* genannt werden; das aus ihr sich bildende, β -Strahlen aussendende Produkt Radium *E* und das α -Strahlenprodukt Radium *F*. Aus *D* entwickelt sich zunächst *E*, aus *E* bildet sich *F*. Radium *D* wird in 40 Jahren auf die Hälfte umgewandelt, ist in starken Säuren löslich, schlägt sich auf Wismut nicht nieder und ist unter 1000° C. flüchtig. Radium *E*, das β -, vielleicht auch γ -Strahlen aussendet, wird in 6 Tagen auf die Hälfte umgewandelt, ist bei 1000° nicht flüchtig, in Säuren löslich und wird auf Wismut nicht abgeschieden. Radium *F*, das α -Strahlen aussendet, reduziert sich in 143 Tagen auf die Hälfte, ist bei 1000° flüchtig, in Säuren löslich und wird auf Wismut abgelagert. Da das von MARCKWALD näher untersuchte Radiotellur ebenfalls in etwa 143 Tagen auf die Hälfte abklingt, so ist das aktive Produkt des Radiotellurs mit dem Radium *F* vermutlich als identisch anzusehen. Da die α -Strahlenkomponente des Poloniums mit dem Radiotellur übereinstimmt, so dürfte jene auch mit dem Radium *F* identisch sein. Ebenso wurde die schon früher ausgesprochene Vermutung, daß das Radium *D* mit dem wirksamen Bestandteil des Radiobleis identisch ist, durch weitere Untersuchungen bestätigt gefunden.

Die Uran-Radium-Familie und die Verbindung ihrer einzelnen Glieder miteinander ergibt dann folgende Reihe: Uran \rightarrow Ur X \rightarrow ? \rightarrow Radium und seine Familie schnell sich umwandelnder Produkte, nämlich die Emanation, Radium *A*, *B* und *C* \rightarrow Radium *D*, der Urbestandteil des Radiobleis \rightarrow Radium *E*, \rightarrow Radium *F*, der aktive Bestandteil des Radiotellurs und Poloniums. Ob nach dem Radium *F* noch aktive Produkte erzeugt werden, hat sich bisher nicht nachweisen lassen. Durch theoretische Erwägungen kam RUTHERFORD zu der Ansicht, daß das Radium *F* ein Atomgewicht 225–20 oder 205 habe. Dieses ist nahezu das Atomgewicht des Bleis (206,7). Die Anschauung, daß Blei das Endprodukt der Umwandlung des Radiums sei, wird unterstützt durch die Tatsache, daß Blei in radioaktiven Mineralien immer etwa in der Menge gefunden wird, wie es theoretisch aus dem Urangehalt zu erwarten ist, wenn man die in dem Mineral enthaltene Heliummenge zur Bestimmung ihres wahrscheinlichen Alters benutzt.

Zu dieser Ansicht, daß Blei eins der schließlich nichtaktiven Zerfallsprodukte des Radiums sei, wurden auch andere Forscher, wie BOLTWOOD, durch die Beobachtung geführt, daß alle Uranminerale beständig Blei enthalten (*American Journal of Science* XX 253; *Naturw. Rundsch.* XX 661 (1905)). Da auch das Thor ein gewöhnlicher Begleiter des Urans ist, so hatte schon STRUTT die Vermutung ausgesprochen, daß es das Stammelement des Urans sei. Wie das Thor verhalten sich auch andere seltene Erden, die also vielleicht auch Endprodukte des Thors sind. Da das Wismut in den stärker radioaktiven Mineralien enthalten ist, so könnte es nach BOLTWOOD vielleicht auch als Endprodukt in Frage kommen; ebenso das Baryum, das zum Actinium in näherer Beziehung steht, und möglicherweise auch Wasserstoff und Argon. Diese Vermutungen über die mögliche Natur einiger der aus dem Umwandlungsprozeß der radioaktiven Stoffe sich ergebenden Produkte wird gestützt durch die Resultate, die bei der Analyse der radioaktiven Mineralien erhalten werden. Bei Proben derselben Lokalität besteht eine ungefähre Proportionalität zwischen dem Gehalt an Uran und dem Gehalt an Blei, seltenen Erden, Helium und Wasser. Die größte Menge Helium im Vergleich zum vorhandenen Uran und Blei wurde in den primären Mineralien gefunden, die das kleinste Emanationsvermögen und das höchste spezifische Gewicht besitzen. Größere Mengen Blei und Helium im Vergleich zum Uran wurden in den primären Mineralien der ältesten geologischen Formationen gefunden. Die primären Mineralien, die am meisten Thor enthalten, sind im allgemeinen die wasserhaltigsten.

Wie DEBIERNE feststellte, entwickelt sich Helium nicht nur aus den Radiumsalzen, sondern auch aus dem Actinium (*C. R. CXLI* 383; 1905). Er benutzte eine Lösung von Actiniumchlorid, aus der sich ebenso wie beim Radium zunächst durch Zersetzung des

Wassers eine ziemliche Menge Knallgas, darauf Helium bildete, dessen Spektrum genau festgestellt werden konnte. Nach sorgfältiger Eliminierung des in dem Präparat etwa vorhandenen Radiums erhielt man dasselbe Resultat. Auch bei dem festen Actiniumfluorid wurde die Bildung von Helium beobachtet. Die Menge des entwickelten Heliums schien in allen Fällen der von Radium bei gleicher Aktivität gebildeten Menge zu entsprechen.

Genauer sind das Actinium und seine Produkte im Rutherford'schen Laboratorium von T. GODELEWSKI untersucht worden (*Anz. d. Akad. d. Wiss. in Krakau* 1905, S. 265; *Naturw. Rundsch.* XX 474). Benutzt wurde hierbei das Gieselsche Emanium, dessen Identität mit dem Actinium jetzt ziemlich feststeht. Durch eine bestimmte chemische Behandlung gelang es, einen besonders aktiven Stoff abzusondern, der Analogie mit dem Th X zeigte und von dem Verf. Ac X genannt wurde. Nach der Trennung vom Ac X war das zurückbleibende Actinium fast ganz unaktiv, erlangte seine Aktivität aber mit der Zeit wieder. Das Ac X sendet α -, β - und γ -Strahlen aus; die sich bildende Emanation ist ein Produkt des Ac X und nicht des Actiniums selbst. Es ließ sich beim Actinium — ähnlich wie beim Radium und Thor — eine zusammenhängende Reihe von sechs verschiedenen Produkten aufstellen, die sich auseinander entwickeln, die aber in ihren radioaktiven, chemischen und physikalischen Eigenschaften von den Produkten des Radiums und Thors verschieden sind und darauf hindeuten, daß das Actinium ein besonderes chemisches Element sei.

3 Radioaktivität anderer Stoffe. Die spontane Ionisierung der Luft in geschlossenen Gefäßen ist von verschiedenen Forschern näher untersucht und auf eine radioaktive Strahlung zurückgeführt worden. Nach CAMPBELL geht diese Strahlung von den Wänden des Gefäßes aus und ist, wenn diese aus Zinn, Zink, Graphit, Platin bestehen, analog der sekundären Röntgen- bzw. Becquerelstrahlung (*Phil. Mag.* 9, 531; 1905). Der Absorptionskoeffizient für Luft ist bei dieser Strahlung vergleichbar dem der α -Strahlen des Radiums. Er ist verschieden für verschiedene Stoffe, woraus sich ergibt, daß die Strahlung nicht auf radioaktiver Verunreinigung beruht, sondern auf eine den verschiedenen Stoffen anhaftende Eigenschaft zurückgeführt werden muß. Genauere Untersuchungen, die A. Wood anstelle, führten zu dem Ergebnis, daß nur ein Teil der Strahlung von den Wänden der Gefäße herrührt, ein anderer Teil aber von außen her kommt und infolge seines großen Durchdringungsvermögens durch die Wände der Gefäße hindurchgeht und die Luft im Innern ionisiert (*a. a. O. S. 550*). Wood umgab das aus Zinn bestehende Gefäß mit dicken zylindrischen Schirmen aus verschiedenem Material (Blei, Eisen, Holz) und bestimmte die Ionisierung der eingeschlossenen Luft durch Messung des Sättigungsstroms abwechselnd mit und ohne äußeren Schirm. Die Ionisierung war mit Schirm stets geringer und gelangte bei zunehmender Dicke des Schirmes zu einem konstanten Wert. Nur Holz gab eine Zunahme der Ionisierung, was auf Eigenstrahlung des Holzes, die dessen Absorptionsfähigkeit übertrifft, beruhen dürfte. Bei den anderen Stoffen hängt die Schirmwirkung natürlich auch ab von dem Verhältnis zwischen Emission und Absorption des betreffenden Stoffes und von der Dicke des Schirmes. Doch war es auch bei Bleischirmen, so dick sie sein mochten, nicht möglich, die innere Ionisierung auf mehr als 30 Prozent zu reduzieren. Dieser in jedem Gefäß zurückbleibende Teil der Strahlung war dann auf Rechnung der Gefäßwände zu setzen und zeigte sich durchaus abhängig von dem Material. Wood untersuchte Gefäße von Blei, Zinn, Eisen, Aluminium, Zink; bei der von ihm benutzten Skala war die Ionisierung bei Blei 5,2, Zinn 4,7, Eisen 2,9, Aluminium 2,7, Zink 2,3. Ähnliche Zahlen hatte früher bereits STRUTT erhalten. Daraus geht hervor, daß die von einem Metall hervorgerufene Ionisierung einen für dieses Metall charakteristischen Wert hat. Eine Erwärmung des Gefäßes bewirkte eine Zunahme der Ionisierung im Innern, eine Abkühlung eine Abnahme derselben; ob diese Wirkung auf der Bildung einer Emanation beruht, konnte Wood nicht sicher feststellen. Eigentlich war auch die Zunahme der Ionisierung in einem Bleigefäß, dessen Wände mit Salpetersäure behandelt waren; wurden die Wände dann abgekratzt, so hatte die Ionisierung wieder den alten Wert. Es ist wahrscheinlich, daß eine die polierte Metallfläche überziehende Haut durch die Säure zerstört wird, und nun die vorher durch die Haut

behinderte Emanation zu entweichen vermag. CAMPBELL fand bei Erweiterung seiner Versuche, daß außer den genannten Metallen auch Kupfer, Silber und Gold spezifische Strahlen aussenden, die eine ionisierende Wirkung haben (*Phil. Mag.* 11, 206; 1906). Aus diesen Beobachtungen könnte man zu dem Schluß kommen, daß alle Materie radioaktiv ist, und daß mehr oder weniger alle Stoffe dem beim Radium beobachteten Zersetzungsvorgang unterworfen sind.

Einen vorzüglichen Schirm gegen die nach den eben beschriebenen Versuchen allgemein auf der Erde verbreitete Becquerelstrahlung bildet nach ELSTER und GEITEL das Steinsalz (*Phys. Zeitschr.* 1905, S. 733). Die Verff. untersuchten die Zerstreuung der Elektrizität innerhalb eines festabgeschlossenen Luftvolumens, wenn der hierzu besonders exakt hergestellte Apparat sich auf der Erdoberfläche oder innerhalb eines Steinsalzbergwerkes befand. Die letzteren Beobachtungen wurden in dem Salzbergwerk von Hedwigsburg bei Wolfenbüttel in 330 m Tiefe ausgeführt. Es zeigte sich, daß die Ionisierung der Luft in dem geschlossenen Aluminiumzylinder sich um etwa 28 Prozent verminderte, wenn er in den von Steinsalz in dicken Schichten umgebenen Raum gebracht wurde. Die in diesem Raum befindliche freie Luft enthielt aber auch eine geringe Emanation, die auf einem negativ geladenen Draht eine deutlich messbare Aktivität hervorrief. Daraus geht hervor, daß man auch innerhalb eines Steinsalzlagers nicht völlig frei ist von der Gegenwart radioaktiver Substanzen und der von ihnen erzeugten Strahlen.

Die Radioaktivität der österreichischen Thermen ist von H. MACHE und Sr. MEYER genauer untersucht worden (*Phys. Zeitschr.* 1905, S. 692). Es handelte sich dabei um die Quellprodukte von Gastein, Karlsbad, Marienbad, Teplitz, Franzensbad, Baden, Vöslau, Fischau, Rohitsch-Sauerbrunn und Pistyan in Ungarn. Nur die durch ihren Emanationsreichtum ausgezeichneten Quellen von Gastein und Karlsbad wurden an Ort und Stelle untersucht; die Verff. hatten festgestellt, daß unter entsprechender Vorsicht gefüllte und versendete Wasserproben für den Emanationsgehalt Werte gaben, die mit den am Ort der Quelle erhaltenen übereinstimmten. Von jeder Probe wurden bestimmt der Emanationsgehalt, die Temperatur an der Entnahmestelle und event. das Volumen des aus einem Liter Wasser ausgetriebenen Gases. In bezug auf die Zahlenangaben muß auf die Abhandlung selbst verwiesen werden. Der Emanationsgehalt ist am gleichen Ort von Quelle zu Quelle oft sehr verschieden. Für einen bestimmten Thermalquellenkomplex sind die kälteren Thermen vor den heißen durch größeren Emanationsgehalt ausgezeichnet; besonders auffallend ist dies in Gastein und Karlsbad. Das deutet darauf hin, daß die Absorptionsfähigkeit des Wassers für radioaktive Emanation ebenso wie für jedes andere Gas mit steigender Temperatur abnimmt. Genauere Prüfung ergab die Identität mit der Emanation des Radiums. Da die völlig von Emanation befreiten Thermalwässer sich nach längerem Stehen meistens wieder, wenn auch nur wenig, regenerieren, so muß man annehmen, daß in dem Wasser radioaktive Substanz gelöst ist. In vielen Quellen wurden direkt radioaktive Sedimente festgestellt. Untersuchungen ähnlicher Art wurden von B. BOLTWOOD an 44 verschiedenen Warmwasserquellen der Hot Springs Reservation in Arkansas angestellt. (*Amer. Journ. of Science* 1905, S. 128; *Naturw. Rdsch.* XX, 636.)

Entsprechende Beobachtungen, wie sie ELSTER und GEITEL bei dem Thermalschlamm von Baden-Baden machten, wo die Emanation den Thortypus, aber eine viel stärkere Aktivität zeigte (ds. *Zeitschr.* XVIII 300), machte G. A. BLANC bei den Sedimenten der Thermalquellen von Echaillon und von Salins-Moutier (Savoyen) (*Phys. Zeitschr.* 1905, S. 703). Da andererseits in den Sedimenten keine merkliche Menge Thor nachzuweisen war, so scheint es sich um ein neues radioaktives Element zu handeln, dessen genauer Nachweis aber noch aussteht.

TOMMASINA untersuchte die Lava des letzten Vesuvausbruchs (1894) mit dem Elster-Geitelschen Zerstreuungsapparat und fand eine deutliche Radioaktivität. Die Zerstreuungswirkung betrug 7 Volt für 260 g Lava in 5 Minuten oder 84 Volt pro Stunde (*Phys. Ztschr.* 1905, S. 707).

Da die aus den Kapillaren des Erdbodens kommende Luft radioaktiv ist, so war anzunehmen, daß auch die Luft, welche „atmenden Brunnen“ entströmt, dieselbe Eigenschaft besitzt. Nach GERLIER „besteht das Charakteristische dieser atmenden Brunnen darin, daß sie aus einem Kiesbett hervorkommen, welches durch die Hohlräume zwischen den Kieseln eine große schwammartige Masse bildet, die für Luft sehr durchlässig ist, eine Art unterirdischer Tasche oder Höhle, die durch eine kompakte Erdoberflächenschicht von der Atmosphäre getrennt ist“. Wenn infolge barometrischen Tiefstandes ein Überdruck in den tiefen Schichten der schwammartigen Masse vorhanden ist, entweicht die Luft aus dieser durch die Brunnensäule; man hat gleichsam ein großes Differentialbarometer. E. SARASIN untersuchte die einem solchen atmenden Brunnen im Dorfe Meyrin bei Genf, Place de la Croix, entströmende Luft in bezug auf ihre Radioaktivität. Er fand den Ladungsverlust eines Elektroskops in einer Minute in der Brunnenluft mehr als 10 mal stärker als in atmosphärischer Luft in 1 m oberhalb des Brunnens. Die Luft aus dem atmenden Brunnen erwies sich also als stark radioaktiv (*Phys. Zeitschr.* 1905, S. 708).

4. Licht- und Wärmewirkungen radioaktiver Körper. Schon im Jahre 1903 hatten Sir W. HUGGINS und Lady HUGGINS in dem Spektrum der von Radiumbromid ausgehenden spontanen Lichtstrahlen die Stickstoffbanden vorgefunden. Es zeigte sich, daß das Spektrum des Radiumlichtes entsteht, sobald Radium auf Stickstoff bei Atmosphärendruck einwirkt. Wurde das Radium in Bromdämpfe eingehüllt oder in eine Wasserstoffatmosphäre gebracht, so trat eine entsprechende Wirkung nicht ein. Ließ man ein Stück Radiumbromid monatelang in verdünntem Wasserstoff, so verlor es allmählich seine Helligkeit für das Auge und erhielt eine dunkle, rotbraune Farbe. Gleichzeitig verschwanden die Stickstoffbanden. Dagegen war die am Elektroskop gemessene radioaktive Wirkung unverändert geblieben. Wurde das lichtlos gewordene Radiumbromid aus dem Wasserstoff herausgenommen, so war es zunächst auch noch dunkel; erst in etwa 3 Monaten hatte es seine ursprüngliche Crémefarbe und seine ursprüngliche Helligkeit wieder erlangt (*Proc. Roy. Soc.* 1903, S. 409; 1905, S. 488; *Naturw. Rundsch.* 1904, S. 10; 1905, S. 613).

Eine entsprechende Einwirkung radioaktiver Substanzen auf den Stickstoff wurde von B. WALTER am Radiotellur (Polonium) beobachtet (*Ann. d. Physik* 17, 367; 1905). Die von Sthamer in Hamburg bezogene, auf einer Kupferplatte niedergeschlagene Substanz ist an sich nichtleuchtend. Als WALTER aber ihre Wirkung auf eine photographische Platte untersuchte, fand er hier Eindrücke, die sich nicht allein durch radioaktive Strahlung erklären ließen, sondern auf eine zweite lichtartige Strahlung zurückgeführt werden mußten. Genauere Untersuchungen zeigten, daß diese Strahlung nicht von dem Radiotellur direkt, sondern von der umgebenden atmosphärischen Luft ausging. Ebenso wie die Sidotblende und andere Stoffe durch die α -Strahlen des Radiotellurs zum Leuchten gebracht werden, erzeugt dieses in der Luft selbst eine fluoreszenzartige Strahlung, die auf die photographische Platte wirkt. Die Strahlung ist aber ausschließlich ultravioletter Natur und reicht etwa von $\lambda = 350$ bis $\lambda = 290$. Befand sich aber Radiotellurplatte im Vakuum oder am Boden eines mit Wasser gefüllten Quarzgefäßes, so blieb jede Wirkung aus. Da die Strahlung in Stickstoff 4 bis 5 mal stärker war als in gewöhnlicher Luft, so scheint die Licherregung allein im Stickstoff vor sich zu gehen.

Bei einer genauen spektrographischen Untersuchung des von Radiumbromidkristallen kommenden Eigenlichts bestimmten F. HIMSTEDT und G. MEYER, wenn die Substanz sich in Luft befand, vier Stickstoffbanden bei den Wellenlängen 357,7, 337,1, 330 und 315,9 (*Phys. Zeitschr.* 1905, S. 688). Dagegen wurde in CO_2 und H nur das kontinuierliche Spektrum des Eigenlichtes beobachtet. Wie B. WALTER und R. POHL weiter nachwiesen, findet das Leuchten der Luft in der Umgebung des Radiobromids selbst noch in mehreren cm Abstand von dem Salze statt (*Ann. d. Physik* 18, 406; 1905). Die Verff. teilen die Ansicht von HUGGINS, daß jenes Licht durch den Anprall der von dem Radiumsalz ausgesandten Becquerelstrahlen an die Moleküle des umgebenden Stickstoffs zustande kommt.

Das von den Radiumstrahlen erzeugte Szintillieren der Sidotblende wollte CROOKES als eine unmittelbare Wirkung der Stöße der α -Teilchen erklären, während BECQUEREL die

Lichtentwicklung auf eine durch die Strahlenwirkung erzeugte Spaltung der Zinksulfidkristalle zurückführte. Für die letztere Auffassung sprach, daß man beim Zerreissen der Kristalle ähnliche Lichterscheinungen beobachtete (ds. Zeitschr. XVII 234). Um die Frage zu entscheiden, stellte R. W. Wood Versuche an, bei denen die Dauer der Blitze sowohl bei Bestrahlung des Leuchtschirms als beim Spalten der Kristalle bestimmt wurde (*Phil. Mag.* 10, 427; 1905). Der Rand einer rotierenden Holzscheibe war mit Zinksulfid bedeckt; über ihm befand sich auf einer Nadelspitze ein Radiumstückchen. Im dunkeln Zimmer sah man bis zu einer bestimmten Umdrehungsgeschwindigkeit der Scheibe scharf gesonderte Blitze, die bei wachsender Geschwindigkeit undeutlich wurden. Aus der Geschwindigkeit ergab sich die Dauer eines einzelnen Blitzes zu $\frac{1}{15000}$ bis $\frac{1}{2000}$ Sekunde. Um die Blitzdauer bei Tribolumineszenz zu bestimmen, wurde der Scheibenrand mit der Spitze eines Glasstabes berührt; man sah dann aber auch bei langsamer Drehung die Lichterscheinung sich über einen größeren Teil der Scheibe erstrecken, so daß eine Messung nicht möglich war. Immerhin schienen die durch das Anprallen der Radiumstrahlen hervorgerufenen Blitze eine viel kürzere Dauer zu haben als die beim Zerbrechen der Kristalle erzeugten. Auch die photographische Aufnahme der beiden Lichtwirkungen zeigte einige Unterschiede; im allgemeinen wurde unter der Einwirkung der Radiumstrahlen nur ein kleiner Bruchteil der Kristalle leuchtend.

Die Wärmeentwicklung des Radiums ist von ÅNGSTRÖM wiederholt kalorimetrisch bestimmt worden, wobei die früher gefundenen Zahlen bestätigt wurden (*Phys. Zeitschr.* 1905, S. 685). Dabei zeigte sich, daß die Wärmeentwicklung eines von September 1903 bis zum Januar 1905 untersuchten Radiumpräparats während dieser Zeit keine merkliche Änderung erlitten hatte. Der Mittelwert der früheren Bestimmungen während der Zeit vom September 1903 bis zum April 1904 betrug für jedes Gramm Radiumbromid 1,14 Gramm-Kalorien in der Minute; der im darauf folgenden Halbjahre gefundene Mittelwert betrug 1,136 Gramm-Kalorien.

Schk.

Aus der Optik. 1. Optische Eigenschaften des Natriumdampfes. Von R. W. WOOD (*Phil. Mag.* 10, 513; *Phys. Ztschr.* 6, 903; 1905). Eine dichte Masse nicht leuchtenden Natriumdampfes strahlt ein helles gelbes Licht aus, wenn sie mit dem Lichte einer sehr intensiven Natriumflamme bestrahlt wird. Dieselbe Erscheinung ist im Gebiet der kannelierten Absorption beobachtet worden; doch werden in diesem Falle sowohl Strahlen anderer als auch gleicher Wellenlänge ausgesandt wie die des erregenden Lichtes. Die erste Erscheinung kann als „Resonanzstrahlung“, die zweite mehr als „Fluoreszenz“ bezeichnet werden; doch will der Verf. den letzteren Ausdruck für beide Erscheinungen anwenden. Der Natriumdampf wurde erzeugt durch Erhitzen eines Stückes Natrium, das sich in der Mitte eines wagerecht gestellten nahtlosen Stahlrohres von 4 Zoll Weite und 30 Zoll Länge befand; die Enden des Rohres waren durch Glasplatten geschlossen (vergl. ds. Zeitschr. XVII 106). Durch ein Seitenrohr war es mit der Luftpumpe verbunden, durch die es bis auf wenige mm evakuiert wurde. Die Beleuchtung erfolgte sowohl mit weißem (Sonnen- oder Bogen-) Licht, als auch mit einfarbigem Licht, letztere vermittelst eines besonderen monochromatischen Beleuchtungsapparates. Das Licht wurde durch das Seitenfenster hindurch über dem Natriumstück konzentriert, der hier entstehende Fluoreszenzfleck mit einem Spektrographen untersucht und das Spektrum photographisch aufgenommen.

Bei Beleuchtung mit weißem Licht besteht das Fluoreszenzspektrum aus einer großen Zahl verwaschener Linien, die im Gelb und Gelbgrün in Gruppen angeordnet sind, die bei den D-Linien nahe beieinander liegen, gegen das Blau hin sich aber mehr voneinander entfernen. Das Spektrum hat ein kanneliertes Aussehen; man kann in ihm drei Gruppen von Banden, eine gelbe, eine grüne und eine blaue Gruppe unterscheiden. Die Banden ändern ihre Lage, wenn sich die Wellenlänge des erregenden Lichtes ändert. Bei Beleuchtung mit einfarbigem Licht von der Wellenlänge der Natriumlinien wird das Fluoreszenzlicht gelb; sein Spektrum zeigt ebenfalls die Linien D_1 und D_2 . Man beobachtet dieses sowohl, wenn man den Dampf mit einer sehr hellen Natriumflamme, als auch wenn man ihn mit dem

entsprechenden Licht aus dem Spektroskop beleuchtet. Beleuchtet man mit einfarbigem Licht von verschiedener Wellenlänge, so erscheint das gelbe Ende des Bandenspektrums nur dann, wenn das erregende Licht blauviolett ist. Erfolgt die Erregung aus der Mitte des Spektrums, so treten Strahlungen sowohl oberhalb als unterhalb des erregten Gebietes auf, woraus hervorgeht, daß das STOKESSCHE Gesetz hier nicht gilt. Die geringste Änderung in der Wellenlänge des erregenden Lichtes bewirkte eine kräuselnde Bewegung der Spektrallinien, eine Erscheinung, die lebhaft an das durch Radium auf Sidotblende hervorgerufene Szintillieren erinnerte. Die Änderungen sind so bedeutend, daß man, um sie allein für den Bereich der Belichtung von $\lambda = 4,5 - 5,5 \mu$ zu erhalten, 50—100 Photographien anfertigen müßte. Dem Verfasser gelangen bisher nur $\frac{1}{2}$ Dutzend Aufnahmen. Bei der Erregung mit einer bestimmten Wellenlänge treten immer nur bestimmte Gruppen von Linien auf, die zu verschiedenen Gruppen von Elektronen gehören dürfen. Die Versuche zeigen, wie kompliziert der Bau eines Natriummoleküls ist. „Prof. ROWLAND hat einmal gesagt, daß ein Molekül komplizierter sei als ein Klavier. In den meisten Fällen haben wir nichts weiter vermocht, als die ganze Klaviatur gleichzeitig anzuschlagen; im Falle des Natriums aber erscheint es möglich, eine einzelne Taste anzuschlagen. Eine Untersuchung der Fluoreszenzspektren anderer Dämpfe wird unzweifelhaft viel dazu beitragen, das Wunder des Mechanismus der molekularen Strahlung zu beleuchten.“

Weiterhin beschäftigte sich WOOD mit dem Verhalten des Natriumdampfes im magnetischen Felde (*Phil. Mag.* 10, 408; 1905). Die bei den vorigen Versuchen benutzte, mit Natrium beschickte Röhre wurde zwischen die Pole eines Elektromagneten gebracht und hindurchgehendes weißes Bogenlicht zwischen gekreuzten Nicols in einem Spektralapparat zerlegt. In der Röhre war ein Vakuum von 1 bis 2 mm. Sobald der Dampf sich durch Erhitzen des Natriums entwickelte, zeigten sich die beiden hellen gelben D-Linien, jede schon verdoppelt; bei wachsender Dampfdichte wurden daraus vier Linien. Sie werden veranlaßt durch die Rotationspolarisation, die in der Nähe der Absorptionslinien im Magnetfelde auftritt; die beiden Randlinien hatten eine Drehung von 90° . Bei zunehmender Dichte treten weitere Linien von 270° Drehung auf, während die dunklen Zwischenräume neben diesen Drehungen von 180° darstellen. So erhielt man schließlich auf jeder Seite 8 Linien; die äußersten entsprachen dann einer Drehung von $8 \cdot 180 = 1440^\circ$. Die magnetische Rotation erzeugt ferner ein glänzendes Linienspektrum im Rot und Blaugrün, dessen Linien mit den Absorptionslinien übereinstimmen; die letzteren zeigen aber nur zum Teil die Eigenschaft der magnetischen Rotation. WOOD nimmt an, daß das Rotationsspektrum erzeugt wird durch negative Elektronen von kleiner Masse, während die keine Rotation zeigenden Linien des Absorptionspektrums auf positive Elektronen von größerer Masse zurückzuführen seien.

2. Das Emissionsspektrum des Auerbrenners, worüber in ds. Zeitschr. XIX 64 berichtet wurde, hat RUBENS noch daraufhin untersucht, welche Bedeutung den beiden Bestandteilen des Glühstrumpfes, dem Ceroxyd und dem Thoroxyd zukäme (*Ann. d. Physik* 18, 725; 1905). Zu dem Zwecke wurde ein Strumpf mit reinem Thoroxyd (ThO_2) und ein anderer mit reinem Ceroxyd (Ce_2O_3) hergestellt. In der Emission des Thoroxydstrumpfes fehlt das sichtbare Spektrum fast ganz, und das kurzwellige Ultrarot ist sehr schwach. Im Gegensatz dazu ist das Emissionsvermögen des Ceroxydstrumpfes zwar an allen Stellen des Spektrums bedeutend, hat aber nur im sichtbaren Gebiet und im Ultrarot von $\lambda = 10 \mu$ ab Werte, die der 1 nahe kommen. Ein geringer Zusatz von Ce_2O_3 zu ThO_2 genügt daher, um das hohe Emissionsvermögen im sichtbaren Spektralgebiet hervorzubringen. Eine stärkere Beimischung von Ce_2O_3 erhöht das Emissionsvermögen auch bei längeren Wellen, vermehrt daher die ultrarote Wärmestrahlung und erniedrigt die Glühtemperatur. Das Ceroxyd spielt im Auerbrenner eine ähnliche Rolle wie ein Sensibilisator in einer photographischen Platte, indem es an einer gewünschten Stelle einen Absorptionsstreifen hervorbringt. Fände man eine andere Substanz, die den Thoroxydstrumpf ohne Vermehrung der ultraroten Strahlung auch im Gelb und Rot vollkommen schwärzen würde, so ließe sich die Lichtwirkung noch verdreifachen.

Sehk.

Untersuchungen bei tiefen Temperaturen. Versuche zur Verflüssigung des Heliums hat R. OLSZEWSKI von neuem angestellt, die, wenn sie auch erfolglos blieben, doch ein erhebliches Interesse gewähren (*Ann. d. Physik* 17, 994; 1905). Er benutzte das auch von DEWAR angewandte Prinzip, das Gas, unter einem Drucke von 80—100 Atm. in eine Glasröhre eingeschlossen, mittels flüssigen oder erstarrenden Wasserstoffs abzukühlen und dann einer plötzlichen Entspannung zu unterwerfen. Mit dieser Methode hatte Dewar schon 1898 eine Verflüssigung des Heliums zu beobachten geglaubt (*d. Ztschr. XI*, 185); es stellte sich aber später heraus, daß das von ihm benutzte Helium mit Neon verunreinigt gewesen war, und daß reines Helium dabei nicht verflüssigt wurde. — Die von OLSZEWSKI benutzte Röhre konnte 180 ccm Helium fassen. Dieses wurde aus Thorianit gewonnen, einem neuen, unlängst auf Ceylon entdeckten Mineral, das nach RAMSAY das ergiebigste Ausgangsmaterial zur Heliumdarstellung bildet. Man erhält das Helium durch Erhitzen von Thorianit mit primärem Kaliumsulfat. Durch Ausfrieren mittels flüssigen Wasserstoffs wurde es zweimal gereinigt; die spektroskopische Untersuchung ergab ein reines Heliumspektrum. Das Helium wurde nun mittels flüssigen, unter Atmosphärendruck siedenden Wasserstoffs (— 252,5°) sowie mittels des unter 50 mm Druck erstarrenden Wasserstoffs (— 259°) abgekühlt. Das auf diese Weise gekühlte Helium wurde einem 180 Atm. erreichenden Druck ausgesetzt und danu einer langsamen oder einer plötzlichen Entspannung bis zum Atmosphärendrucke unterworfen. Auch bei mehrmaliger Wiederholung des Versuchs konnte in der gekühlten Röhre weder eine Flüssigkeit noch eine Spur von Nebel, auch keine Abscheidung eines festen Körpers bemerkt werden. Aus der LAPLACE-POISSONSchen Formel berechnete OLSZEWSKI die wahrscheinliche Temperatur des Heliums während des Entspannens von 180 bis 1 Atm. zu — 271,3° C. = 1,7° abs. Hieraus geht hervor, daß der Siedepunkt des Heliums jedenfalls unter 271° liegt, also vom absoluten Nullpunkt um weniger als 2° entfernt ist. Vielleicht ist das Helium aber auch ein permanentes Gas; sollte der Beweis hierfür auf anderem Wege gelingen, so wäre das für die Wissenschaft ebenso wichtig als seine eventuelle Verflüssigung.

Derselbe Verf. führte eine neue Bestimmung der kritischen Konstanten des Wasserstoffs aus und fand für den kritischen Druck 13,4—15 Atm., für die kritische Temperatur — 240,8°. Die Zahlen sind mit den von WROBLEWSKI 1888 berechneten in auffallender Übereinstimmung (*a. a. O. S. 986*).

DEWARS Methode, mit Hilfe des Absorptionsvermögens reiner Kohle bei der Temperatur der flüssigen Luft hohe Vakua zu erzielen, hat vielfach praktische Anwendung gefunden. Lord BLYTHSWOOD und H. S. ALLEN fanden sie sehr geeignet zur Herstellung von Röntgenröhren, ebenso zur Evakuierung von großen Behältern, wobei nur wenig flüssige Luft gebraucht wird (*Phil. Mag.* 10, 497; 1905). Besonders ist man dabei vor der Verunreinigung der Röhren durch Quecksilberdampf gesichert. Genauere Untersuchungen der Verff. über die Absorption der Luft in der Kohle zeigten, daß das absorbierte Luftvolumen unabhängig ist von der am Anfang des Versuchs im Apparat befindlichen Luft sowie von dem äußeren Druck. 1 g Kohle absorbiert bei der Temperatur der flüssigen Luft etwa 14 ccm Luft. Die Druckänderung mit der Zeit t im geschlossenen Gefäß ließ sich durch die Formel $\log(p - p_0) = A - \lambda t$ darstellen, wo A und λ Konstante sind. Die Aufnahme eines Luftvolumens x durch die Kohle mit der Zeit t ließ sich durch die Formel $dx/dt = \lambda(\xi - x)$ darstellen, wo ξ den Betrag der Luft bei eingetretenem Gleichgewicht bedeutet. Die Geschwindigkeit der Absorption steht hiernach in einem konstanten Verhältnis zur Menge der Luft, die von der Kohle noch aufgenommen werden wird. Ist nur eine beschränkte Menge Luft vorhanden, so wird nicht die ganze Luft absorbiert, sondern der Gasdruck strebt einem Grenzwerte zu.

Genaue Zahlen über die von der Holzkohle absorbierten Volumina der verschiedenen Gase hat DEWAR selbst angegeben (*Ann. d. chim. et d. phys.* (8) III, 5; 1904). Danach okkludiert 1 ccm frisch ausgeglühte Holzkohle Sauerstoff bei 0° 18, bei — 185° 230 ccm, Argon 12 bezw. 175 ccm, Kohlenoxyd 21 bezw. 190 ccm, Stickstoff 15 bezw. 155 ccm, Wasserstoff 4 bezw. 135 ccm, Helium 2 bezw. 15 ccm. Diese für verschiedene Gase verschieden starke Absorp-

tionsfähigkeit der Kohle benutzte DEWAR, um in einigen Gasen Neon, Wasserstoff und Helium nachzuweisen und diese flüchtigsten Gase von den weniger flüchtigen zu trennen. So ließ er durch 30 g Kohle, die sich in einem U-Rohr in flüssiger Luft befanden, Luft hindurchstreichen; dabei wurden Stickstoff, Argon und Sauerstoff absorbiert, Neon, Wasserstoff und Helium durchgelassen, so daß sie in einem Spektralrohr nachgewiesen werden konnten.

Dieselbe Methode benutzten S. VALENTINER und R. SCHMIDT zur Darstellung von Neon, Krypton und Xenon (*Ann. d. Phys.* 18, 187; 1905). Sie gingen in der Weise vor, daß sie zuerst ein größeres Quantum Argon aus der Luft herstellten und auf dieses dann das Okklusionsverfahren mit Kohle anwandten. Das Argon wird dann von der Kohle absorbiert und das im Argon enthaltene Neon mit geringen Spuren Helium bleibt in der abgeschlossenen Röhre zurück. Um das Neon vom Helium zu befreien, brachten die Verff. es bei möglichst geringem Volumen mit Kohle in flüssiger Luft unter so hohem Druck in Verbindung, daß es von der Kohle okkludiert wurde, schlossen dann die Kohle ab und entfernten das zurückbleibende heliumhaltige Neon mit der Quecksilberpumpe. Das nach Entfernen der flüssigen Luft aus der Kohle sich loslösende Gas ist spektralanalytisch reines Neon. Bei 3—4 mm Druck zeigt es ein Linienspektrum auf hellem Untergrund, bei abnehmendem Druck werden die Linien immer scharfer und glänzender.

Zur Darstellung von Krypton und Xenon wurde ein mit diesen Gasen angereichertes Argon verwandt, das man erhält, wenn man flüssige Luft verdampfen läßt und den letzten Rest zur Argondarstellung benutzt. Dieses Argon wurde mit Kohle, die auf — 120° abgekühlt war, in Berührung gebracht. Bei dieser Temperatur absorbiert die Kohle das Krypton und Xenon vollständig, während sich das Argon durch Abpumpen aus der Kohle entfernen läßt. Dieses Abpumpen erfolgte durch Verbindung des auf — 120° gekühlten Kohlereservoirs mit einem zweiten in flüssiger Luft befindlichen Kohlereservoir. In letzterem sammelt sich dann das Argon an, während Krypton und Xenon in dem ersten zurückbleiben und bei Erwärmung von der Kohle freigelassen werden. Dabei entweicht zuerst, bei Erwärmung von — 120° bis auf — 80°, das Krypton, dann, bei Erwärmung auf — 15° bis 0°, das Xenon. In Spektralröhren aufgesangen, erhält man so reines Krypton und Xenon mit den charakteristischen Spektren dieser Gase.

Schk.

Schlagwirkungen bei chemischen Elementen, insbesondere bei Leichtmetallen. Von O. OHMANN. Im vorigen Heft ds. Zeitschr. (XIX 88) wurde bereits mitgeteilt, daß das elektrolytische Calcium am Stahle vereinzelte Calciumfunken sowie beim Schlagen auf dem Amboß Flammenbüschel gibt. In den *Ber. d. D. chem. Ges.* (39, S. 866—870) veröffentlicht der Verf. die Deutung der Erscheinung und die Resultate seiner weiteren Untersuchung. Während L. DOERMER die von ihm gleichfalls beobachtete Erscheinung (a. a. O. S. 211) im wesentlichen unter dem Gesichtspunkt einer Explosion auffaßt und für wahrscheinlich hält, daß sie nicht eintritt, wenn man von Rost und Eisenoxyd freie Werkzeuge benutzt, bemerkt O. OHMANN, daß er schon frühzeitig das Eisen ganz eliminierte: auch zwischen zwei größeren Granitsteinen ließ sich das Aufleuchten beobachten. Während ferner DOERMER geneigt ist, das Explosionsartige des Aufflammens auf okkludierte Gase zurückzuführen, bringt der Verf. die ganze Erscheinung mit sonstigen Funkenbildungen in Zusammenhang. Es wird auf die Funkenbildung beim Zusammenschlagen zweier harter Mineralien, z. B. Schwefelkies gegen Schwefelkies, Quarz gegen Quarz, hingewiesen und eine partielle Verdampfung wahrscheinlich gemacht; letztere wird auch für gewisse großflammige Eisenfunken vorausgesetzt, und es werden die Versuche GEORG W. A. KAHLBAUMS über die Destillation der Metalle sowie die Arbeiten F. KRAFFTS (vgl. ds. Zeitschr. XIV 178 bzw. XVIII 302) herangezogen, welche beweisen, wie verhältnismäßig leicht die Metalle Dämpfe bilden. Verf. sieht demnach die Ursache der Flammenbildung beim Calcium in der Umwandlung von Bewegungsenergie in Wärme und Aggregatzustandsänderung: an der Stelle des größten Druckes findet eine partielle Verdampfung von Calcium statt; bei der großen Neigung des Metalles, sich sowohl mit dem Sauerstoff wie mit dem Stickstoff zu verbinden, erfolgt dann, speziell veranlaßt durch die momentane Temperatursteigerung beim Schlage, die chemische Aktion unter Erglühen. Es

werden dann vier weitere Beobachtungen mitgeteilt, die diese Annahme stützen und besonders auch das Explosionsartige der Erscheinung erklären.

Veranlaßt durch diese Deutung, ging der Verf. dazu über, die Erscheinung auch bei verwandten Leichtmetallen aufzusuchen und überhaupt das Verhalten anderer Elemente zu beobachten. Als ein etwa erbsengroßes Stück reinen Natriums auf dem Amboß mit dem Hammer bearbeitet wurde, zeigte sich bei einzelnen Schlägen ein besonders im Halbdunkel deutliches Aufleuchten, indem kurze, gelbe Stichflammen aus der breiigen Platte, meist nur nach einer Richtung hin, hervorbrechen. Behandelt man in gleicher Weise Kalium, so ruft fast jeder Schlag eine lebhafte Reaktion hervor. Bereits bei ganz mäßigen Schlägen schießen, nach mehreren Seiten gleichzeitig, kräftige violette Flammen heraus und führen zu leicht erklärlichen kleinen Rauchwolken von stechendem Geruch. Bei einem stärkeren Schlag sprühen glühende Kugeln umher, und eine einzelne Kugel wird gelegentlich mehrere Meter weit schußartig fortgeschleudert. An einem Stück Kalium der erwähnten Größe kann man 40—50 erfolgreiche Schläge ausführen, etliche davon mit ziemlich starkem Knall verbunden. Daß die eigenartige Erscheinung bisher übersehen wurde, beruht vielleicht darauf, daß die weiche teigige Beschaffenheit dieser Metalle den Gedanken, daß sie sich gegebenenfalls ähnlich wie das funkengebende, harte Eisen verhalten könnten, nicht leicht aufkommen ließ. Ein Lithiumstückchen von nur wenigen cmm Inhalt liefert schon etwa vom fünften schwachen Schlag an bei fast jedem weiteren Schlag helleuchtende Flammenbüschel, die auffallend häufig von einem Knall begleitet sind. Die Färbung der Flamme ist zwar vielfach rötlich, doch ebenso oft ganz weiß und, besonders bei kräftigerem Schlag, blendend. Neben diesen Flammenwirkungen sind noch öfters kleine, mehrere dm weit springende, echte Funken zu beobachten, welche große Ähnlichkeit mit gewissen Eisenfunken haben. Die bei jedem größeren Flammenbüschel sich bildenden Lithiumwolken sind für die Atemorgane sehr lästig. Die Flammenbüschel lassen sich beim Lithium übrigens viel häufiger als beim Kalium herbeiführen; ein Stückchen der erwähnten Größe gab gegen 200 mal die Lichterscheinung. [Die Schlagwirkungen bei den Elementen K, Na, Li eignen sich auch gut als Vorlesungsversuche.] Beim Aluminium wurden sehr vereinzelte und nur ganz kleine Funkenbüschel erhalten, als das Metall in Pulverform angewandt wurde, und sich daraus bald eine zusammenhängende Platte gebildet hatte. Mancher Hammer versagte jedoch ganz. Vom Magnesium gilt fast genau das gleiche. Die Bedingungen für das Zustandekommen oder Ausbleiben der Erscheinung bedürfen bei beiden Metallen noch weiterer Untersuchung. Elektrolytisches Baryum wird vermutlich die Erscheinung ebenfalls zeigen; mit aus dem Amalgam gewonnenem Baryum trat sie jedoch nicht ein. Bei der Doppelnatur des Thalliums schien ein Versuch nicht absolut aussichtslos; er führte indessen zu keinem Ergebnis. Von Nichtmetallen ergab bisher nur der Phosphor ein positives Resultat: Die zunächst erwartete Wirkung, daß der Schlagversuch das Element sogleich entzünden und somit weiter nichts beweisen würde, trat nicht ein; vielmehr bildete sich, ähnlich wie beim Natrium, aus einem wenige cmm großen Stück eine teigige Platte, der sich über 50 kleinere und größere Funkenbüschel entlocken ließen, deren Habitus etwa die Mitte hielt zwischen den Funkenbüscheln des Natriums und des Kaliums. Roter Phosphor gab vereinzelte kurze Lichtgarben. — Im allgemeinen scheint die Erscheinung nur bei solchen Elementen einzutreten, die entweder für sich allein oder unter der Wucht des Schlages einen zähen, beginnendem Schmelzfluß ähnlichen Massenzusammenhang zeigen, und die gleichzeitig große Affinität zum Sauerstoff besitzen.

3. Geschichte und Erkenntnislehre.

Ein Vorgänger Galileis im 6. Jahrhundert. Von EMIL WOHLWILL. Vortrag, gehalten in der Abt. für Gesch. d. Med. u. Naturw. der Naturforscherversammlung zu Meran. *Phys. Zeitschr. Jahrg. 7, 1, S. 23—32 u. Münch. med. Wochenschr. 1906, 1--2.*

ARISTOTELES hatte sich mit dem Problem der Übertragung der Bewegung von einem Körper zum andern beschäftigt und eine Lösung in der Annahme gefunden, daß die umgebende Luft bei diesem Vorgang wesentlich beteiligt sei. Wird z. B. ein Körper geworfen,

so wird auch der umgebenden Luft Bewegung mitgeteilt. Die Luft behält diesen Zustand längere Zeit und überträgt ihn auf vor ihr liegende Luftteilchen, die ihrerseits den geworfenen Körper weiter fortbewegen. Diese merkwürdige und unwahrscheinliche Auffassung des Vorgangs ist in die scholastische Physik übergegangen und von ihr bis in das 17. Jahrhundert hinein gelehrt worden. Das Beharrungsgesetz nun — das hat WOHLWILL in seiner grundlegenden Abhandlung über das Gesetz gezeigt — war nicht der unmittelbare Nachfolger dieser Lehre. Es findet sich nämlich als Mittelglied der Begriff der *vis impressa* eingeschaltet, den Galilei im Beginn seiner Forschertätigkeit festgehalten hat. Hier wird die Beteiligung der Luft ausgeschlossen, die bewegende Kraft geht ohne Vermittlung eines Mediums auf den bewegten Körper über. Dessen Bewegung aber nimmt wie diejenige der Luft bei ARISTOTELES „naturgemäß“ ab. Nicht äußere Widerstände, sondern eine innere Ursache bewirkt die allmähliche Verlangsamung und das schließlich Aufhören der „gewaltsamen“ Bewegung. Man sieht, daß in dieser *vis impressa* ein historisch und prinzipiell interessantes Bindeglied zwischen der aristotelischen und der heutigen Auffassung des Vorgangs liegt.

WOHLWILL hatte festgestellt, daß der Begriff der *vis impressa* Galilei nicht zu eigen gehört. Er findet sich schon früher bei Gegnern des ARISTOTELES weit zurück bis auf LEONARDO DA VINCI, NICOLAUS CUSANUS, THOMAS. Aber auch bei diesen Denkern glaubte WOHLWILL nicht an die Quelle gelangt zu sein. Seine neuesten Forschungen haben ihn bis in das ausgehende Altertum zurückgeführt, insofern ihm die höchst interessante Entdeckung gelang, daß bereits JOANNES PHILOPONUS (Joh. Grammaticus) die *vis impressa* hat. Dieser PHILOPONUS ist ein Kommentator mehrerer aristotelischer Schriften. Sonderliche Selbständigkeit kann ihm, wie es scheint, in dieser Tätigkeit nicht zugesprochen werden. Trotzdem hat seine Polemik gegen ARISTOTELES in einigen Fragen der Naturphilosophie späterhin immer wieder Aufmerksamkeit erregt. Der erste Schritt zu einer vollständigen und gerechten Würdigung ist jetzt von WOHLWILL getan.

In seinem Kommentar zur Physik des ARISTOTELES wendet sich PHILOPONUS gegen einige mechanische Lehren des Philosophen. Seine Ausführungen gipfeln erstens in dem Satze, „daß unmöglich (unter Beihilfe von Luft) fortbewegt wird, was durch Gewalt bewegt wird, sondern daß notwendig eine bewegende unkörperliche Kraft vom Werfenden dem Geworfenen eingegeben wird“, und dann — entsprechend der zweiten Hälfte der Lehre von der *vis impressa* = *δύναμις ἐνδοθεῖσα* — in der Behauptung, „daß ein Körper so lange bewegt wird, bis die ihm von dem ursprünglich Stoßenden eingegebene bewegende Kraft völlig schwach geworden ist“. Gehört dieser bedeutsame Fortschritt auf ein natürlicheres mechanisches Denken dem PHILOPONUS selbst an, so läßt sich zeigen, daß er im Jahre 517 geschehen sein muß.

Aber fast immer auch sonst, wo PHILOPONUS von ARISTOTELES abweicht, liegt die von ihm verteidigte Ansicht in der Richtung des Fortschritts der Wissenschaft. ARISTOTELES hatte behauptet, daß in demselben Medium fallende Körper verschiedenen Gewichts ihren Gewichten proportionale Fallzeiten zeigten. PHILOPONUS stellt dem den Hinweis auf das Experiment entgegen, denn, wenn man zwei an Gewicht sehr verschiedene Körper von derselben Höhe fallen lasse, so werde man leicht erkennen, daß eine Proportionalität der Fallzeiten und Gewichte nicht bestehe. Auch in diesem Punkt hat PHILOPONUS vor GALILEI, wie WOHLWILL schon früher gezeigt hat, die Priorität. Hiermit in Zusammenhang steht die Opposition des PHILOPONUS gegen die ARISTOTELES Lehre von der unendlichen Geschwindigkeit, die ein im Vakuum bewegter Körper annehmen müsse. PHILOPONUS gelangt zu der Erkenntnis der Unrichtigkeit der aristotelischen Annahme, die Fallzeiten der Körper in verschiedenen dichten Medien seien der Dichtigkeit umgekehrt proportional. Man sieht, wie an zwei entscheidenden Punkten, Fallgeschwindigkeit verschieden schwerer Körper im gleichen Medium, Fallgeschwindigkeit gleich schwerer Körper in verschiedenen Medien, PHILOPONUS den Weg zur heutigen Erkenntnis durch Negation des Abwegs anbahnen hilft.

Interessant sind auch die PHILOPONUS Anschauungen über die Schwere. Nach ARISTOTELES bewegen sich die schweren Körper zum Mittelpunkt der Welt. Es ist nicht etwa die im Mittelpunkt der Welt gelegene körperliche Erde, die fallende Körper nach der Mitte

zieht, sondern für die Betrachtung der Schwere ist das Vorhandensein der Erde in der Mitte akzidentiell. Auch wenn sie nicht vorhanden wäre, würde ein schwerer Körper dem Weltmittelpunkt ebenso zustreben, wie ein leichter den die Welt umschließenden Sphären. PHILOPONUS findet es lächerlich, daß hier dem Ort als solchem eine Kraft zugeschrieben wird. Er führt seinerseits die Schwere der Körper auf ihr Bestreben zurück, die in der Welt gesetzte Ordnung wieder herzustellen. Für diese Betrachtungsweise, die bis auf COPERNICUS und GALILEI hinaufreicht, ist die Kreisbewegung, da sie die Ordnung der Welt erhält, das Primäre, während die geradlinige Bewegung überall da einsetzt, wo die kreisförmige gestört, wo die Ordnung der Welt beeinträchtigt ist. Die Ablehnung des PHILOPONUS aber eines leeren Orts als des Sitzes einer Kraft führt später über GILBERT und KEPLER in die Gravitationshypothese hinein.

Ähnlich wie die vorgetragene ist eine andere Anschauung des PHILOPONUS von Bedeutung für das spätere mechanische Weltbild. Er betrachtet die Sonne selbst als einen feurigen Körper im Gegensatz zu ARISTOTELES, der eine solche Ansicht, die seinen Annahmen über das Wesen des himmlischen Körpers widersprochen hätte, nicht aufstellen durfte. Schließlich setzt PHILOPONUS die Milchstraße nicht mehr in die Elementarsphäre unter dem Mond.

Aus alledem ist unverkennbar, daß wir hier an einem Punkt uns befinden, von dem nach verschiedenen Seiten hin Licht auf eine neue Betrachtung der Mechanik fällt. Befinden wir uns damit an der Quelle? Ist PHILOPONUS wenigstens für die *vis impressa* ein originaler Denker? WOHLWILL neigt dieser Meinung zu. Er stützt sie dreifach. Durch den Zusatz „ich behaupte“ (*φημι δὲ ἔγω*), mit dem PHILOPONUS seine Auseinandersetzungen über die *δίβασις ἀρθρίσις* einleitet, erhebe er den Anspruch, die neuen Gedanken selbst gedacht und zuerst ausgesprochen zu haben. Man könnte diesen Hinweis für unzulänglich halten, wenn er nicht durch den Eindruck einer eigentümlichen Frische der Darstellung verstärkt würde, der die Annahme nahelegt, wir stünden hier an der Quelle. Zudem hat WOHLWILL sich der Mühe unterzogen, die erhaltene einschlägige Literatur vor PHILOPONUS auf ähnliche Gedanken zu durchmustern. Er findet nur bei HIPPARCH gewisse Anklänge. Endlich weisen auch die hinter PHILOPONUS liegenden Zeugnisse vielfach auf diesen zurück.

Entgegengehalten kann dem werden, daß es als unwahrscheinlich gelten muß, daß ein sonst abhängiger Kommentator an mehreren entscheidenden Punkten prinzipielle Neuerungen selbständig begründet haben soll. Der Fall wäre dann wohl der erste seiner Art. Demgegenüber wird es sich empfehlen, dem Rate WOHLWILLS in seinem Selbstreferat in der *Münch. med. Wochenschr.* zu folgen und das Studium der antiken ARISTOTELES-Kommentare sowie eine erneute Prüfung der Antike überhaupt noch einmal anzugreifen. WOHLWILL muntert in selbstloser Weise jüngere Gelehrte auf, sich diesen Studien zuzuwenden, da er selbst beabsichtigt, sich von ihnen zurückzuziehen. Man kann diese Ermunterung nur unterstreichen. Es handelt sich hier nicht um beliebige antiquarische Ausgrabungen, sondern um die Ermittlung des Werdeganges gewisser Prinzipien der Mechanik und des modernen wissenschaftlichen Geistes überhaupt.

An einer Stelle scheint sich bereits ein Fingerzeig zu ergeben. In seiner Aufstellung der Ordnung als des Grundprinzips der Schwere ist PHILOPONUS platonisierend. Vielleicht enthält die an PLATO sich anschließende Literatur und die platonisierenden ARISTOTELES-Kommentare Weiteres.

Freilich erfordern diese Untersuchungen die Vereinigung philologischer, philosophischer und mechanischer Kenntnisse. Diese Vereinigung ist nicht häufig, und so können wir uns nicht wundern, wenn WOHLWILL, dem diese Qualitäten zur Verfügung stehen, hier in einem unbekannten Lande die merkwürdigsten Entdeckungen machen konnte. *Ernst Goldbeck.*

4. Unterricht und Methode.

Physikalische Schülerübungen auf der Mittelstufe der Realanstalten. Über diesen Gegenstand hat F. BOHNERT in Hamburg der mathematisch-naturwissenschaftlichen Sektion der 48. Versammlung deutscher Philologen und Schulmänner einen Bericht erstattet, der in *Natur*

und Schule V, Heft 2 (1906) veröffentlicht ist. Der Verfasser legt in den einleitenden Worten den Wert der praktischen Übungen aufs überzeugendste dar und erkennt in ihnen ein wichtiges Stück nationaler Erziehung. Er fordert insbesondere, daß man auch die Schüler der sechsklassigen Realschulen an dem Nutzen dieser Übungen teilnehmen läßt, zumal es ihnen besonders förderlich sein wird, statt über totes Wissen über lebendige eigene Erfahrungen zu verfügen. Von diesem Gedanken geleitet, hat er mit den Schülern der Obertertia und Untersekunda der Oberrealschule vor dem Holstentor Übungen abgehalten in einem Raum von 36 qm Grundfläche, der zur Not 20 Schülern Platz bot. Die Schüler arbeiteten zu je zweien und „in gleicher Front“, d. h. alle bearbeiteten gleichzeitig dieselbe Aufgabe.

Die veranstalteten Übungen waren folgende: A. Mechanik. 1. Bestimmung des Gewichts und Volumens von Holz- und Eisenklötzen durch Wägung, Ausmessung und Wasserverdrängung. 2. Nachweis des archimedischen Gesetzes am schwimmenden, mit Schrot beladenen Probierröhren. 3. Bestimmung des spezifischen Gewichts von Alkohol und von Kochsalzlösung im Pyknometer. 4. Bestimmung des spezifischen Gewichts von Eisenklötzen und Marmorstückchen nach der Verdrängungsmethode. 5. Hebelgesetze. 6. Pendelgesetze. 7. Ausdehnung belasteter Spiralen. — B. Wärmelehre. 8. Schmelzen des Eises. 9. Sieden des Wassers. 10. Schmelzpunkt von Paraffin. 11. Mischung von kaltem und kochendem Wasser. 12. Spezifische Wärme von Eisen und Blei. 13. Schmelzwärme des Eises. 14. Verdampfungswärme des Wassers nach Black. — C. Optik. 15. Gradlinige Fortbewegung des Lichtes mit Hilfe einer Lochkamera. 16. Bilder an ebenen Spiegeln. 17. Reflexionsgesetz. 18. Strahlengang in planparallelen Platten. 19. Brechungsexponent von Glas. 20. Linsenbilder.

Bei allen Versuchen wurde auf größte Einfachheit der Apparate Wert gelegt, stets aber nicht nur ein qualitatives, sondern ein quantitatives Resultat verlangt. Die Ausrechnung erfolgte sofort, die Abweichungen von den Mittelwerten wurden in % angegeben, die Fehlerquellen diskutiert. Jede Übung dauerte eine Schulstunde. Die Ausrüstung (in je zehnfacher Zahl) umfaßte folgende Teile: Wage und Gewichtssatz, Stativ mit 2 Klemmen, Dreifuß mit Drahtnetz, Brenner mit Schlauch, großes Lineal, kleines Lineal, Kartonmaßstab, Spiegelglasstreifen, Stecknadeln, Zeichenstifte, Filtrierpapier, dünner Draht, Schrot, Millimeterpapier, Schälchen mit Paraffin, Papierrahmen, Glasspiegel, Kerzenstummel auf Fuß, Silberspiegel, kleines Reißbrett, Glasklotz, Linse in Halter, Holzklotz, Eisenklotz, Pyknometer, Probierröhren, 3 Messuren, aufhängbarer Hebel, Kugeln aus Eisen, Blei, Holz, Einzelwagschale an Schnüren, Drahtspirale, Thermometer, Kochflasche mit doppelt durchbohrtem Stopfen, 4 Bechergläser. Hierzu kamen noch einige Wasserhähne, eine größere Emailschale, einige Standflaschen für Alkohol und Kochsalzlösung, 3 aus Pappe gefertigte Lochkameras und 3 Glühlampen auf Füßen. Die Sachen waren teilweise durch den Laboratoriumsgehilfen hergestellt; der Gesamtanschaffungspreis betrug ca. 550 M.

Von Übungen aus dem Galvanismus ist einstweilen noch abgesehen worden, da hier die Beschaffung der Apparate und die Auswahl der Versuche am schwierigsten ist; auch scheint es dem Verfasser weniger wichtig, daß Versuche aus allen Gebieten angestellt werden, als daß die Schüler überhaupt physikalisch arbeiten lernen. Die Übungen sind nur ausführbar bei einer gründlichen Einschränkung des Lehrstoffes, der aber eine Vertiefung im Wissen und Können des Schülers, also ein Gewinn, gegenübersteht. Nur nebenbei sei erwähnt, daß die Übungen auch das praktische Rechnen in vorzüglicher Weise fördern.

Der Verfasser stimmt mit H. HAHN auch darin überein, daß sich das Praktikum eng an den Unterricht anschließen muß. Um die Schwierigkeiten des Stundenplans bei den in der Regel ziemlich stark besetzten Klassen zu überwinden, gibt der Verfasser den folgenden Weg an. Es wird eine Wochenstunde im Lehrplan doppelt angesetzt, und zwar so, daß sie entweder am Anfang oder am Ende der Unterrichtszeit liegt; die Hälfte der Klasse absolviert ihr Praktikum in der einen, die andere Hälfte in der andern Stunde. Findet das Praktikum in einer Woche nicht statt, so fällt die eine der beiden Stunden für alle Schüler aus, an der andern nehmen alle Schüler teil. Für die Schüler findet also keine Mehrbelastung statt, der Lehrer aber wird mit 1 Stunde mehr als der lehrplanmäßigen im Stundenplan angesetzt.

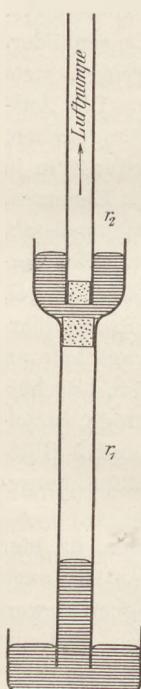
Der Verfasser macht am Schluß noch interessante Angaben über die Genauigkeit der erlangten Resultate, die sehr befriedigend sind. Interessant ist namentlich auch, daß mit der Wiederholung einer Übung durch dieselben Schüler die Abweichungen der Einzelbeobachtungen vom Mittelwert immer geringer werden, während dieser selbst sich meist nur wenig ändert.

Für die sechsstufigen Realschulen empfiehlt der Verfasser das Ansetzen von etwa 30 Übungen, die je in einer Stunde sich erledigen lassen. Die Berechnung muß im unmittelbaren Anschluß an die Versuche geschehen, längere Rechnungen sind dabei zu vermeiden; aus diesem Grunde ist auch die Einführung komplizierender Korrekturen zu verwerfen, die Versuche sind vielmehr so einzurichten, daß sie auch ohne solche Korrekturen brauchbare Resultate ergeben. Die Bereitstellung eines besonderen Raumes für diese Übungen ist notwendig. Dem Verfasser, der inzwischen Direktor der Realschule in St. Georg-Hamburg geworden ist, wird es in dem Neubau dieser Anstalt von Ostern 1907 an vergönnt sein, in einem Übungsraum von etwa 50 qm Bodenfläche diese Versuche wieder aufzunehmen.

P.

5. Technik und mechanische Praxis.

Poröse Körper als Durchwege für Gase. Von K. PRYTZ (*Ann. d. Physik* 18, 617; 1905). Um die in zwei verschlossenen Behältern befindlichen Gase ohne Öffnung der Behälter mit-



einander in Verbindung zu bringen, verwendet der Verf. die gegenseitige Berührung zweier poröser Stöpsel unter Quecksilber. Die Figur stellt die Anordnung dar. Unterhalb der trichterförmigen Erweiterung des Rohres r_1 ist ein Chamottestöpsel mittels Siegellack festgekittet, in die Erweiterung wird Quecksilber gegossen. Das Rohr r_2 , das unten durch einen gleichen, ein wenig aus dem Rohre hervorragenden Stöpsel verschlossen ist, wird in das Quecksilber des Trichters herabgeführt und oben mit der Luftpumpe verbunden. Beim Evakuieren dringt das Quecksilber nicht hinein; wenn man aber die beiden Stöpsel gegeneinander drückt, wird eine Gasverbindung zwischen den beiden Röhren r_1 und r_2 hergestellt, was dadurch erkennbar wird, daß das Quecksilber in r_1 emporsteigt. Die Gasverbindung ist völlig zuverlässig; sie wird hergestellt, sobald die beiden Stöpsel gegeneinander gedrückt werden, und wird augenblicklich nach der Trennung unterbrochen. Für die Quecksilberluftpumpe konstruierte PRYTZ einen besonderen Zusatz, um sie für Verbindungen mittels porösen Kontakts einzurichten. Das Evakuieren durch die porösen Stöpsel geht bei noch hohen Drucken relativ langsam, bei kleinen Drucken aber auffallend schnell vor sich. Das langsame Durchströmen wird ganz ohne Bedeutung, wenn man mit kleinen Gasmengen arbeitet; man hat dann den Vorteil des Fehlens schädlicher Räume. — Der Verf. benutzte ähnliche Vorrichtungen zur Darstellung von Radiumemanation, zum Abmessen unbegrenzt kleiner Luftmengen, zum Aufsammeln eines Gases über Quecksilber, zum Entfernen des Stickstoffs aus einem Gemisch dieses Gases mit Edelgasen, zu einer Trennung mittels Diffusion der Gase von ungleicher Dichte.

Schk.

Ein neuer Kitt für physikalische Apparate. Von B. WALTER (*Ann. d. Physik* 18, 860; 1905). An Stelle des spröden und leicht schmelzenden Siegellacks empfiehlt der Verf.-das von der New York-Hamburger Gummiwarenkompagnie hergestellte Picein. Dieses schmilzt bei etwa 80° C., zeigt aber bei gewöhnlicher Temperatur noch genügend Festigkeit und Klebkraft, um selbst schwerere Apparate mit kleinen Kittflächen fest miteinander zu verbinden. Es ist auch sehr plastisch und eignet sich daher auch als Kitt für Glas auf Metall. Das Picein ist in Wasser gar nicht, in Alkohol erst nach tagelangem Verweilen löslich, löst sich aber leicht in Benzin und Terpentinöl.

Schk.

Neu erschienene Bücher und Schriften.

Populäre Schriften. Von Dr. Ludwig Boltzmann, o. Professor an der Universität Wien. Leipzig,
Johann Ambrosius Barth, 1905. 440 S. M 8,—, geb. M 9,—.

In dem vorliegenden Bande sind 23 größere und kleinere Artikel vereinigt, von denen einige wie der über Luftschiffahrt und die Gedenkrede auf Kirchhoff, Stefan und Loschmidt wirklich populär sind. Ein Meisterstück elementarer Darstellung ist auch der kleine Aufsatz über Maxwell's Elektrizitätstheorie. Aber die meisten übrigen Artikel gehen doch über das hinaus, was man populär nennen kann. Ihre Vorteile liegen auf einem anderen Gebiet; in ihnen gibt ein Meister der wissenschaftlichen Forschung Rechenschaft darüber, wie er selbst über die Prinzipien und über die Probleme seines Forschungsgebietes denkt; und je tiefer ein Leser in dieses Gebiet eingedrungen ist, um so höher wird das Interesse sein, das diese Aufsätze bei ihm erwecken. So die Aufsätze über die Unentbehrlichkeit der Atomistik, über die Methoden der theoretischen Physik, über die Grundprinzipien und Grundgleichungen der Mechanik, und besonders die über die Energetik, die in einer scharfen Polemik gegen einen Vortrag Ostwalds über eine energetische Theorie des Glücks gipfeln. Auch eine philosophische Abhandlung ist in dem Bande enthalten, von der man nur bedauern kann, daß es die „einzig“ geblieben ist; sie handelt von der Frage nach der objektiven Existenz der Vorgänge in der unbelebten Natur, der Verfasser stellt sich darin auf den Standpunkt des erkenntnistheoretischen Realismus, den er mit sehr triftigen Gründen rechtfertigt. Eine geistreiche Plauderei ist der Vortrag über eine These Schopenhauers. Auch ein Satyrspiel fehlt zu dem ernsten Inhalt nicht: die „Reise eines deutschen Professors ins Eldorado“, die den ergötzlichen Schluß des Bandes bildet. P.

Hermann von Helmholtz. Von Dr. Julius Reiner. (Klassiker der Naturwissenschaften, herausgegeben von Lothar Brieger-Wasservogel, VI. Band.) Leipzig, Theod. Thomas. 204 S. M 3,50.

Das Buch enthält einen kürzeren biographischen Teil und einen längeren, der Darstellung der Hauptleistungen von Helmholtz gewidmeten, der in drei Abschnitten Helmholtz' „physikalische Weltanschauung“, die „Lehre von den Tonempfindungen“ und die „Tatsachen und Probleme der physiologischen Optik“ umfaßt. Für den biographischen Teil bot die große Lebensbeschreibung von Königsberger reichliches Material, in dem zweiten Teil geht der Verfasser eigene Wege, indem er zusammenfassende populär verständliche Übersichten zu geben sucht. Diese sind nicht ohne Geschick abgefaßt, doch stört mehrfach die „monistische“ Tendenz des Verfassers, die nicht der besonnenen Denkweise von Helmholtz entspricht. So würde Helmholtz schwerlich der Behauptung zugestimmt haben, daß die Ästhetik der Zukunft nichts weiter sein dürfte als die „auf das Gebiet der Kunst übertragene Wertung der Physiologie der Sinne“. Es überrascht auch, daß der Verfasser eines solchen Buches in physikalischen Dingen nicht immer ausreichend orientiert ist. Von Chladni wird gesagt, daß seine Klangfiguren den ersten greifbaren Beweis für die Wellenbeschaffenheit der Töne lieferten (S. 58); über die Zentrifugalkraft werden ganz unzutreffende, auch mit der herkömmlichen Auffassung unvereinbare Ansichten ausgesprochen (S. 79); daß das Gesetz von der Erhaltung der Energie vollständig ausreicht, die kompliziertesten Vorgänge der Natur einheitlich zu erklären, wird keiner, dem der zweite Hauptsatz bekannt ist, unterschreiben. Der Verfasser ist anscheinend ein Anhänger Häckels, er sollte jedoch wissen, daß der berüchtigte Bathyscius seine Rolle als Urform des Lebendigen längst ausgespielt hat (S. 82). Die Abschnitte über Tonempfindungen und über die physiologische Optik geben ein recht anschauliches Bild von dem reichen Schaffen Helmholtz' und verschaffen auch dem Fernerstehenden eine Vorstellung von den Problemen, an deren Bearbeitung Helmholtz die eminente Kraft seines Geistes setzte. P.

Müller-Pouilletts Lehrbuch der Physik und Meteorologie in vier Bänden. Zehnte umgearbeitete und vermehrte Auflage, herausgegeben von Leopold Pfaundler unter Mitwirkung von O. Lummer, A. Waßmuth, J. M. Pernter, K. Drucker, W. Kaufmann, A. Nippold. I. Band: Mechanik und Akustik. Braunschweig, Friedrich Vieweg und Sohn, 1906. XVII und 802 S. M 10,50, geb. M 12,50.

Die Herausgabe der neuen Auflage war dem Professor H. von Wild in Zürich übertragen worden, der indessen schon bald nach Beginn der Arbeit durch den Tod abgerufen wurde, so daß der verdienstvolle frühere Herausgeber L. Pfaundler sich von neuem der Aufgabe unterziehen mußte, wobei ihm die im Titel genannten Mitarbeiter zur Seite traten. In dem vorliegenden 1. Bande ist insbesondere die Metronomie noch von H. von Wild derart umgestaltet worden, daß ein genauer Einblick in die Grundlagen der Messung von Längen und Gewichten dargeboten ist, an dem es bisher überhaupt mangelte. Man erfährt hier z. B., daß die Volumeinheit von 1 Liter nicht identisch ist

mit 1 dm³, sondern gleich dem Volumen der Masse eines Kilogrammes Wasser im Maximum der Dichte (4° C.) und beim Normaldruck; diese Masse, definiert durch das im Jahre 1889 hergestellte Platin-Iridiumprototyp, ist um 40 mg größer als die Masse eines dm³ Wasser unter den gleichen Umständen. — In der Vorrede nimmt der Herausgeber auch Stellung zu den neueren Bestrebungen, bei der Kraftübertragung am Hebel und der Rolle die mechanischen Deformationen zu berücksichtigen, und spricht sich seinerseits dagegen aus, daß man in der Mechanik von Anfang an statt mit der Fiktion starrer Körper mit elastischen Maschinenteilen operieren solle. Von den Zusätzen dieser Auflage seien erwähnt: Die Fleußsche Ölluftpumpe, die Gaedesche rotierende Quecksilberluftpumpe und in theoretischer Hinsicht eine elementare Ableitung der Schallgeschwindigkeit nach A. Waßmuth. Auch diese neue Auflage sei der Beachtung der Lehrer des Faches angelegentlich empfohlen. P.

Dr. J. Fricks Physikalische Technik oder Anleitung zu Experimentalvorträgen sowie zur Selbstherstellung einfacher Demonstrationsvorträge. 7., vollkommen umgearbeitete und stark vermehrte Auflage von Dr. Otto Lehmann, Professor an der technischen Hochschule in Karlsruhe. I. Band, 2. Abteilung. Mit 1905 in den Text eingedruckten Abbildungen. Braunschweig, Friedrich Vieweg und Sohn, 1905. 1000 S. M 24,—, geb. M 26,—.

Der 1. Abteilung des umfangreichen Werkes (vergl. d. Zeitschr. XVIII 116) ist in kurzer Zeit diese 2. Abteilung gefolgt, in der folgende Gegenstände behandelt sind: Statik, feste Körper, Hydrostatik, Flüssigkeiten, Aerostatik, Gase, Temperatur, Wärmemenge, Dynamik, Hydrodynamik, Aerodynamik, Thermodynamik. Wir haben es hier, wie schon nach dem Erscheinen der 1. Abteilung hervorgehoben, mit einer an Vollständigkeit grenzenden Zusammenstellung aller irgendwie in Betracht kommenden Vorrichtungen für die Demonstration physikalischer Erscheinungen zu tun. Der Verfasser hat ein Riesenmaterial mit einer bewundernswerten Arbeitskraft bewältigt, man wird insbesondere auch alle irgend belangreichen Veröffentlichungen aus dieser Zeitschrift berücksichtigt finden, so daß das Werk gleichzeitig als ein bequemes Nachschlagebuch für die bisher erschienenen Bände der Zeitschrift dienen kann. Der Verfasser hat sich aber nicht auf eine Zusammentragung des Materials beschränkt, er hat auch vielfach wie schon in der 1. Abteilung Erörterungen über theoretische und didaktische Fragen eingestreut, so über den Kraftbegriff (632), Kraftmessung (657), Trägheitswiderstand (665), Gewicht und Masse (733), Atomistik (739), den zweiten Hauptsatz der Wärmelehre (1536), den Entropiebegriff (1554) u. a. m. Teilen wir auch nicht in allen Punkten die vorgetragene Auffassung, so ist doch die Erörterung derartiger Fragen willkommen und dankenswert. P.

Der Bau des Fixsternhimmels mit besonderer Berücksichtigung der photometrischen Resultate von Dr. Hermann Kobold, a. o. Professor an der Universität und Observator an der Sternwarte in Kiel. Mit 19 Abbildungen und drei Tafeln. (Die Wissenschaft Heft 11.) Braunschweig, Friedrich Vieweg und Sohn, 1906. 256 S. M 6,50, geb. M 7,30.

Das Werk stellt die in weiteren Kreisen noch wenig bekannten Ergebnisse der neueren Forschungen über die Eigenbewegung der Fixsterne zusammen und behandelt im Zusammenhange damit das Problem der räumlichen Anordnung des Universums. In einer Tabelle werden die Parallaxen von 56 Fixsternen, in einer zweiten die Eigenbewegungen von 307 Fixsternen dargestellt, zwei Karten bringen die Pole dieser Eigenbewegungen zur Ansicht. Als hinreichend gesichertes Ergebnis wird am Schlusse hingestellt, daß die Anordnung der Massen im Weltraum keine regellose ist, sondern daß die Massen um einzelne Konzentrationszentra in Haufen zusammengedrängt sind, die aber miteinander in einem lockeren Zusammenhange stehen und in Gestalt einer großen mehrarmigen Spirale angeordnet sind. Die Hauptebene der Spirale ist die Milchstraße, unsere Sonne hat eine Bewegung, die auf einen Punkt der Milchstraße gerichtet ist, und an der eine größere Anzahl ihr nahestehender Sterne teilnimmt. Auch unter den übrigen Sternen gibt es zahlreiche Gruppen mit gemeinsamer, auf Punkte der Milchstraße gerichteter scheinbarer Bewegung; die Sterne jeder Gruppe stehen in einer Ebene und ihre wahre Bewegung erfolgt in dieser Ebene. Wegen der näheren Begründung dieses Ergebnisses sei auf das interessante Werk selbst verwiesen. P.

Elementares Lehrbuch der Physik nach den neuesten Auschauungen für höhere Schulen und zum Selbstunterricht. Von Ludwig Dressel S. J. Dritte vermehrte und umgearbeitete Auflage. I. Band. 519 S. mit 292 Figuren. II. Band. 544 S. mit 363 Figuren. M 16,—. Freiburg i. B., Herder, 1905.

Das vorliegende Lehrbuch ist im Jahre 1895 zum ersten Mal erschienen und hat sich seitdem allseitige wohlverdiente Anerkennung erworben. Als Lehrbuch für höhere Schulen ist es seines Umfangs wegen nicht geeignet, wohl aber ist es ein vortreffliches Nachschlagebuch für die Hand des

Lehrers und kann auch reiferen Schülern durchaus empfohlen werden. Besondere Hervorhebung verdient es, daß der Verfasser sehr häufig auf diese Zeitschrift Bezug nimmt und auf solche in ihr enthaltene Aufsätze verweist, wo derselbe Gegenstand entweder ausführlicher behandelt oder von einer anderen Seite her beleuchtet wird. Trotz des elementaren Charakters des Buches kommt auch die mathematische Seite der Physik zu ihrem Recht, und es sind unstreng Beweisführungen, wie sie sich sonst in elementaren Lehrbüchern fast durchweg finden, vermieden. Eine interessante und lehrreiche Zugabe ist die bis ins Detail durchgeführte Berechnung einer Dynamomaschine. Der energetischen Betrachtungsweise ist die gebührende Berücksichtigung zuteil geworden, ohne daß eine Übertreibung sich bemerkbar macht; in einem der Schlüßparaphren kennzeichnet der Verfasser aufs zutreffendste die begrenzte Bedeutung, die der Energetik beizumessen ist. Die neuesten Forschungen über die elektrischen Wellen und die elektromagnetische Lichttheorie, über Ionen und Elektronen und so fort sind bis zum Erscheinen des Buches sorgfältig berücksichtigt, so daß das Buch dem heutigen Stande der Forschung völlig entspricht.

P.

Die optischen Instrumente. Von Dr. Moritz von Rohr. Mit 84 Abbildungen im Text. (Aus Natur und Geisteswelt, 88. Bändchen.) B. G. Teubner, 1906. 130 S. Geb. M 1,25.

Der Verfasser der „Theorie der optischen Instrumente“ (ds. Zeitschr. XVIII 117) hat in diesem Bändchen die modernen, von Abbe begründeten Ansichten über die optischen Instrumente wiedergeben versucht. Es liegt mehr an der Schwierigkeit des Gegenstandes als an dem Verfasser, daß die Schrift nicht allen Anforderungen an eine elementare Darstellung entspricht, auch sind die Figuren mehrfach zu klein und zu schwach ausgeführt, um für eine erste Einführung geeignet zu sein; dagegen wird es allen, die mit den in Betracht kommenden Problemen schon etwas vertraut sind, einen Genuß gewähren, den Gegenstand von einem sowohl in wissenschaftlicher wie in technischer Hinsicht so gediegenen Kenner dargestellt zu sehen. Das Buch behandelt nach einer Einführung in die Grundbegriffe, insbesondere der Strahlenbegrenzung und der Abbildung, das Auge und seinen Gebrauch beim Sehen, danach zunächst die photographischen Objektive, die Camera obscura als Zeichenapparat und die eigentlichen Projektionssysteme, dann die Brillen, Vergrößerungsgläser, Mikroskope und Teleskope.

P.

Höhenklima und Bergwanderungen in ihrer Wirkung auf den Menschen. Ergebnisse experimenteller Forschungen im Hochgebirge und Laboratorium. Von N. Zuntz, A. Loewy, F. Müller, W. Caspari. Deutsches Verlagshaus Bong & Co., 1906. 494 S. M 18,—, geb. M 20,—.

Die Verfasser haben die aufs feinste durchgebildeten physikalischen und chemischen Methoden, die der heutigen Physiologie zur Verfügung stehen, zur Erforschung des Einflusses von Höhenklima und Bergwanderungen auf den menschlichen Organismus benutzt. In einleitenden Kapiteln werden die Geschichte der Hochgebirgserschließung, das Höhenklima, die physiologischen Grundlagen der Untersuchung, die Expedition selbst und die Untersuchungsmethoden dargestellt. Dann werden in dem Hauptteil des Buches folgende Gegenstände behandelt: Die Wirkung des Höhenklimas auf das Blut und die blutbildenden Organe, der Einfluß von Höhenklima und Muskelarbeit auf die Verdauung, die Verbrennungsprozesse im Körper, der Einfluß des Hochgebirges und des Bergsteigens auf den Eiweißumsatz, die Blutgase unter der Einwirkung der Höhenluft, die Atmungsmechanik im Hochgebirge, Herztätigkeit und Blutkreislauf, Sport, Perspiration und Schweißabsonderung, Körperwärme, Bekleidung und hygienische Ausrüstung des Bergsteigers, die Einwirkung des Hochgebirges auf das Nervensystem, die Wirkung des Sauerstoffmangels im Hochgebirge, die Bergkrankheit. Allen, die für Gebirgswandern und für Gebirgsaufenthalt Interesse haben, bietet das umfassende Werk eine Fülle von wissenschaftlich begründeten Belehrungen.

P.

Astronomische Erdkunde. Von Otto Hartmann, Professor an der Oberrealschule in Pforzheim. Mit 16 Textfiguren und 100 Übungsaufgaben. Stuttgart und Berlin, Fr. Grub, 1905. 51 S. M 0,80.

Der vorliegende Leitfaden bietet trotz seines geringen Umfangs ein reiches und wertvolles Material für eine Behandlung der Astronomie, bei der die Betrachtung der wahren Bewegungen nicht auf die der scheinbaren künstlich aufgesetzt, sondern bei der vielmehr die ersteren organisch in Zusammenhang mit den letzteren gebracht sind. Dabei wurde nach Möglichkeit die eigene Beobachtung des Schülers zu Hilfe genommen. Bei der Planetenbewegung sind so genaue Daten für Venus, Mars, Jupiter gegeben, daß der Schüler durch Konstruktion und Berechnung einen Einblick in die wahren Größenverhältnisse wie in die Entstehung der geozentrischen Bahnen gewinnt. Das Schriftchen wird dem Lehrer für den Unterricht in diesem Gegenstand manchen willkommenen Fingerzeig geben.

P.

Das heutige Schulwesen der Staaten Europas. Eine Zusammenstellung der Lehrpläne. Von Prof. Dr. Ewald Horn. Berlin, Trowitzsch und Sohn, 1906. 201 S.

Der Verfasser hat mit dieser[®] Zusammenstellung den heutigen Reformbestrebungen auf dem Gebiet des höheren Schulwesens ein willkommenes Hilfsmittel geliefert; insbesondere wird es für die Reformbewegung im mathematischen und naturwissenschaftlichen Unterricht von Interesse sein, die Einrichtungen anderer Staaten mit den unsrigen zu vergleichen. Bemerkenswert ist u. a. die in Dänemark in der Bildung begriffene Form des Gymnasiums mit einer Gabelung in drei Linien, die durch die obersten drei Klassen hindurchgeht. Das Buch ist zugleich als eine Ergänzung des betreffenden, heute in mancher Hinsicht veralteten Bandes von Baumeisters Handbuch anzusehen. P.

Über die Erfahrungsgrundlagen unseres Wissens. Von Dr. A. Meinong, o. ö. Professor an der Universität Graz. (Abhandlungen zur Didaktik und Philosophie der Naturwissenschaft, Heft 6.) Berlin, Julius Springer, 1906. 113 S. M 3,—.

Das vorliegende Schlußheft des ersten Bandes der „Abhandlungen“ führt den Leser an die Quellen alles Erkennens, richtet aber die Aufmerksamkeit wesentlich auf die Erfahrungsgrundlagen und kommt dadurch auch gerade den Bedürfnissen der Vertreter der Naturwissenschaft entgegen, denen die Frage nach Herkunft und Wert des von ihnen zu verarbeitenden Rohstoffes nicht überflüssig scheint. Alles Erfahrungswissen geht auf Wahrnehmung zurück; deren Wesen zu erforschen und in einer unzweideutigen Definition festzuhalten ist daher die erste Aufgabe, die zweite den Bereich der Anwendbarkeit dieser Definition innerhalb des Gebietes der sogenannten Wahrnehmungen, die der Verfasser zur besseren Unterscheidung als Aspekte bezeichnet, abzugrenzen. Alle Wahrnehmungen enthüllen sich der genaueren Überlegung als Existenzurteile (das kindliche „da!“ beim Anblick eines Objekts trifft hier das Wesen der Sache besser als der eine Wahrnehmung ausdrückende Satz des Erwachsenen), sie müssen sich daher auf ein gegenwärtiges Ding beziehen und insofern sie eine Erkenntnis abgeben sollen, unmittelbar evident sein. Am leichtesten gelingt nun der Nachweis, daß es innere Wahrnehmung gibt, die dieser Definition entspricht. Die hierauf abzielenden genaueren Feststellungen zeigen, daß die innere Wahrnehmung sehr verschiedene Grade von Vollkommenheit des Erkennens in sich schließt, und die in der Definition verlangte Evidenz nicht notwendig Evidenz für Gewißheit zu sein braucht, sondern auch Evidenz für Vermutung sein darf. Von hier aus gelingt es nun auch, die Tatsächlichkeit äußerer Wahrnehmung, die bekanntlich im Entwicklungsgang der Philosophie vielfach ernster Anzweiflung und Bestreitung ausgesetzt war, zu sichern. Beste Vermutungsevidenz bieten die Urteile äußerer Wahrnehmung für die Existenz der Dinge, während die erscheinenden (phänomenalen) Eigenschaften als „Halbwahrnehmungen“ zu charakterisieren sind. Den Abschluß der Untersuchung bildet der Nachweis für die Übertragbarkeit der Vergleichungsrelationen, der Zahl, des Notwendigkeits- und des Kausalgedankens von den Phänomenen auf die Noumena oder Dinge an sich.

Schon diese ganz kurze Inhaltsskizze dürfte erkennen lassen, daß der Verfasser dem Leser tiefen Einblick in die Werkstatt seines geistigen Schaffens vergönnt. Wer aufmerksam verfolgt, wieviel Probleme hier noch ungelöst liegen bleiben mußten, bei wievielen kaum mehr als eine tastende Berührung bisher dem gewiegten Philosophen möglich war, der wird psychologisch begreifen, wie eine „wildwüchsige Naturphilosophie“, der solche Schwierigkeiten fern liegen und fremd sind, üppig ins Kraut schießen konnte; er wird es begreifen, doch kaum verzeihen. Keferstein-Hamburg.

J. W. Mellor, Höhere Mathematik für Studierende der Chemie und Physik und verwandter Wissenschaftsbiete. In freier Bearbeitung der zweiten englischen Ausgabe herausgegeben von Dr. Alfred Wogrinz und Dr. Arthur Szarvassi. Mit 109 Textfiguren. Berlin, Julius Springer, 1906. 411 S. M 8,—.

Die vorliegende freie Bearbeitung von J. W. Mellors „Higher mathematics for students of chemistry and physics“ „soll angehenden Physikochemikern und Studierenden anderer naturwissenschaftlicher Gebiete die zunächst notwendigen Kenntnisse in der Mathematik vermitteln“ (Vorwort). Nun darf allerdings die begründete Erwartung gehegt werden, daß unsere höheren Schulen den künftigen Physikern und Chemikern immerhin etwas mehr mathematische Kenntnisse mit auf den Weg geben werden, als in dem vorliegenden Werke vorausgesetzt wird; doch haben die Bearbeiter und der Verfasser wohl der menschlichen Gedächtnisschwäche Rechnung getragen, wenn sie auch einen Abriß der analytischen Geometrie, die Newtonsche Methode zur angenäherten Lösung numerischer Gleichungen, die Grundbegriffe der Wahrscheinlichkeitsrechnung, ja sogar in einer Anmerkung eine Einführung in die Lehre von den imaginären und komplexen Größen geben. Den breitesten Raum nimmt naturgemäß die Infinitesimalrechnung und die Lehre von den Differentialgleichungen ein. Aber

auch der Sturmsche Satz und Verwandtes, eine kurze Behandlung der Determinanten und Ausgleichsrechnung fehlen nicht.

Daß die Verarbeitung eines so reichen Inhalts auf verhältnismäßig geringen Raum nur durch gedrängteste Kürze der Darstellung möglich war, versteht sich. Einige Sätze sind überhaupt ohne Beweis mitgeteilt; bei andern ist, dem Zweck des Buches entsprechend, auf äußerste Scharfe der Begründung verzichtet. Überall aber ist erfolgreich Anschaulichkeit und Faßlichkeit angestrebt, und nur an wenigen Stellen hat die Kürze der Klarheit Eintrag getan. Jedem Abschnitt sind Beispiele beigegeben, die die doppelte Aufgabe erfüllen, dem Leser einen Begriff von der Bedeutung der vorgetragenen Sätze für Physik und Chemie und eine gewisse Gewandtheit in ihrer Verwendung zu verschaffen.

Einige Druckfehler, die hier nicht einzeln aufgeführt werden können, dürften Autodidakten etwas Kopfzerbrechen verursachen. Für den deutschen Physiker ist ja aber ein eingehendes mathematisches Studium selbstverständlich, und der Chemiker muß heutzutage doch mindestens ein Kolleg über Differential- und Integralrechnung hören. Das Buch wird daher wohl hauptsächlich Verwendung als zuverlässiges Nachschlagewerk bei allerlei mathematischen Verlegenheiten, wie sie das physikalische und chemische Studium mit sich bringt, finden und ist als solches unbedingt zu empfehlen.

Keferstein-Hamburg.

Vorlesungen über photographische Optik. Von Dr. Alexander Gleichen. Mit 63 Fig. Leipzig, G. J. Göschen, 1905. IX u. 230 S. M 9,—.

Das vorliegende Buch ist eine Wiedergabe der Vorlesungen, die der Verfasser vor drei Jahren an der technischen Hochschule in Charlottenburg gehalten hat. Sein Hauptzweck ist demnach wohl der, den Studierenden mit den wichtigsten neueren Theorien über die optische Wirkung und die Konstruktion der photographischen Objektive und mit ihrer Anwendung bei der praktischen Berechnung derselben vertraut zu machen.

Es behandelt nach einleitenden Kapiteln über die Grundlagen der Bilderzeugung die Strahlenbegrenzung, die Achromasie, das Seidelsche Gebiet, die Wellenfläche und die Hamiltonsche Funktion, Aberration, Astigmatismus, die natürliche Blende und die Fundamentalstrahlen, Orthoskopie und Helligkeit, die symmetrischen Objektive, die wichtigsten geometrischen Konstruktionen der gebrochenen Strahlen, Konstruktionsdaten historisch wichtiger Objektive und die Technik der Durchrechnung.

Diese Inhaltsangabe zeigt, daß der Verfasser zunächst eine allgemeine Einführung in die Theorie ähnlich wie in seinem Lehrbuch der geometrischen Optik (Leipzig 1902) gibt, aber mit der Einschränkung, daß diese Theorie nur so weit entwickelt wird, wie sie für die photographischen Objektive Anwendung findet. Dadurch aber wird der Inhalt und die Tragweite dieser Theorien sehr anschaulich; das Buch ist deshalb auch allgemein zur Einführung in die geometrische Optik recht geeignet.

Neu und wertvoll ist in diesen Abschnitten die Einführung der „natürlichen Blende“ und der „Fundamentalstrahlen“, durch die eine gewisse Willkürlichkeit bei der Blendenstellung und der trigonometrischen Durchrechnung beseitigt ist und sichere Anhaltspunkte für die Stellen größter Strahlendichte gewonnen werden. Sie geben auch dem, was der Verfasser über die „kaustische Spitze“ und das Petzvalsche Theorem sagt, seine richtige Bedeutung, während es in der allgemeinen Form, in der es zunächst ausgesprochen wird, nicht ganz einwandfrei ist.

Das letzte Kapitel enthält die Technik der Durchrechnung, an speziell durchgeführten Zahlenbeispielen erläutert. Zweckmäßiger und instruktiver kann man wohl kaum in die schwierige Praxis der optischen Durchrechnung einführen. Jeder, der einmal versucht hat, die eleganten allgemeinen Formeln der Theorie zur wirklichen numerischen Berechnung spezieller Fälle zu verwenden, weiß, was für eigenartige, ungeahnte Schwierigkeiten da erwachsen. Auch die Anwendung der Fundamentalstrahlen und der natürlichen Blende wird hier an genau durchgerechneten Beispielen erprobt.

Das Buch wird jedem, der in die photographische Optik theoretisch eindringen und sich mit der Praxis vertraut machen will, ein sicherer, zuverlässiger Führer sein.

Götting.

Festschrift. Adolf Wüllner gewidmet zum 70. Geburtstag von der Kgl. Technischen Hochschule zu Aachen, ihren früheren und jetzigen Mitgliedern. Mit dem Heliogravürebildnis A. Wüllners. Leipzig, B. G. Teubner, 1905. 264 S. M 8,—.

Eine Reihe von wissenschaftlichen Aufsätzen physikalischen, mathematischen und chemischen Inhalts widmen die Herren W. Wien, M. Wien, K. R. Koch, A. Winkelmann, A. Hagenbach, A. Sommerfeld, L. Heftter, A. Hertwig, H. v. Mangoldt, R. Schumann, F. Schur, W. Borchers, J. Bredt, W. Hinrichsen und T. Watanabe und F. Wüst dem verdienten Gelehrten, dessen Name außer durch seine

Arbeiten auf dem Gebiete der Wärme durch sein Kompendium der Physik weit bekannt ist. Im besonderen seien die Aufsätze von W. Wien „Über die Energie der Kathodenstrahlen im Verhältnis zur Energie der Röntgenstrahlen und Sekundärstrahlen“ und von A. Sommerfeld „Über Lissajoussche Figuren und Resonanzwirkungen bei schwingenden Federn“ hervorgehoben, die ihre Verwertung zur Bestimmung des Poissonschen Verhältnisses von Querkontraktion zur Längendilatation finden. Das Bild des Jubilars ist prächtig gelungen.

K. T. Fischer.

Der Aufbau physikalischer Apparate aus selbständigen Apparatenteilen (Physikalischer Baukasten). Von Wilhelm Volkmann. Berlin, Julius Springer, 1905. 98 S. M 2,—.

Das mit einem Geleitwort von F. Poske versehene Büchlein beschreibt eine Reihe von trefflichen Stativen, Tischklemmen, Haltern, in Kugeln gelagerten Achsen, Schiebevorrichtungen u. s. w., die mit Unterstützung der Firma Georg Beck & Co. (Berlin-Rummelsburg) konstruiert und an der landwirtschaftlichen Hochschule in Berlin erprobt wurden. In Wort und Bild zeigt eine Reihe von Beispielen, wie vielseitig man diese „Bausteine“ zur Darstellung des Kräfteparallelogramms, zu Pendelversuchen, optischen und elektrischen Anordnungen verwenden kann. An manchen Stellen freilich — z. B. in Fig. 60 — scheint dem Referenten mit dem „Zusammenbauen“ zu weit gegangen zu sein; die Stativteile dürfen nicht den zu demonstrierenden Apparat überwuchern und zweitens ist nicht bloß das Geld, sondern auch die Zeit für den Physiker ein sehr wichtiger Punkt. Jeder, der mit Demonstrationen sich zu befassen hat, wird dem Buche Nützliches entnehmen.

K. T. Fischer.

Thermodynamik technischer Gasreaktionen. Von Dr. F. Haber, a. o. Prof. der technischen Hochschule Karlsruhe. München und Berlin, R. Oldenbourg, 1905. 296 S. Preis geb. M 10,—.

In Form von sieben Vorlesungen werden hauptsächlich solche Gasreaktionen behandelt, an denen sich die Anwendung der beiden Hauptsätze der Wärmetheorie klar zeigen lässt (z. B. Wasser-gasreaktion, Wasserstoffverbindungen der Halogene, Wasserdampfbildung), und die technisch wichtig sind (Schwefelsäuregewinnung aus Schwefeldioxyd und Sauerstoff, Ammoniakbildung, Herstellung von Salpetersäure aus der Luft). Die chemischen Reaktionen werden mit großem Nutzen für die An-schaubarkeit den Änderungen der Aggregatzustände gegenübergestellt und so die Begriffe Reaktions-energie und „latente Wärme einer chemischen Verbindung“ eingeführt. Die Hauptsätze der Wärme-theorie sowie die Bedeutung der Entropiegröße, speziell für Gasreaktionen, werden sehr ausführlich in den ersten drei Vorlesungen behandelt. Die vierte und fünfte bringen Beispiele, in denen die Reaktionen ohne und mit Änderung der Molekülezahl verlaufen. Viel Raum wird den Arbeiten über die Bestimmung der spezifischen Wärme der Gase gewidmet; die sehr vollständige Übersicht über die einschlägige Literatur und neuere Versuche, der das siebente Kapitel gewidmet ist, wird nicht bloß dem Chemiker, sondern auch dem Physiker sehr willkommen sein. Die Möglichkeiten, Gas-gleichgewichte zu bestimmen, werden im letzten Abschnitte behandelt und dabei einschlägige theore-tische und technisch wichtige Fragen — Reaktionsgeschwindigkeiten, technische Stickoxyddarstellung, Temperaturmessung, technischer Wassergasprozeß — ausführlich erörtert.

Die Darstellung ist klar und erhält durch die große Zahl durchgerechneter Beispiele einen besonderen Wert. Wer sich für das Grenzgebiet zwischen Physik und Chemie interessiert, wird mit großem Gewinne das Habersche Buch studieren.

K. T. Fischer.

Einführung in die Chemie der Kohlenstoffverbindungen. Von Dr. E. Fromm. Tübingen, Laupp, 1906. Gr. 8°. 274 S. Geb. M 5,50.

Der Verfasser bespricht in systematischer Weise die typischen Reaktionen der Kohlenstoff-verbindungen. Er geht dabei von den Kohlenwasserstoffen als Grundreihe aus und erläutert an der Hand zahlreicher Formelgleichungen die Entstehung und Umwandlung zuerst der Mono-, Di- und Poly-substitutionsprodukte der Kohlenwasserstoffe mit offener Kette, dann die der Derivate der iso- und heterozyklischen Kohlenwasserstoffe. Darstellung, Vorkommen, physikalische Eigenschaften, technische und physiologische Bedeutung der einzelnen Verbindungen werden absichtlich nicht behandelt oder nur kurz gestreift; das Hauptgewicht wird auf die Reihenreaktionen und auf den Zusammenhang der Tatsachen gelegt. Das unterscheidende Verhalten der aromatischen und aliphatischen Verbindungen wird ausführlich erörtert. Die Stellungsisomerie der Benzolderivate wird dagegen nur kurz, ihre Bezeichnung mit Ziffern gar nicht erwähnt; ein näheres Eingehen darauf hätte das Versehen auf Seite 192, wonach im Benzol bei gleichen Substituenten mehr Tri- als Di- und Tetrasubstitutions-produkte vorkommen sollen, unmöglich gemacht. — Der Verf. nennt sein Werk ein „Lehrbuch für Anfänger“; Ref. möchte das in dem Sinne auffassen, daß das Buch dem Studenten, der einen Experi-mentalkursus der organischen Chemie durchgemacht hat, zu einem besseren Überblick über das Gesamt-gebiet der Wissenschaft verhelfen soll. Vielleicht würde dieser Zweck noch besser erreicht werden,

wenn bei einer neuen Auflage neben der ausführlichen Besprechung eine kurze tabellarische Übersicht der typischen Reaktionen eingefügt würde. Dann könnten auch einige wenig übersichtliche Formelbilder (Isobutan S. 8, primärer Isobutylalkohol S. 23, tertiärer Butylalkohol S. 24) durch geeigneter ersetzt und einige Ungenauigkeiten in den speziellen Angaben berichtigt werden. A. Krause.

A. Krause.

Bezente und Tabellen für Photographie und Reproduktionstechnik. Von Dr. M. J. Eder.

6. Aufl. XVI u. 192 S. M 2,50. — Enzyklopädie der Photographie Heft 7: Die Mißerfolge in der Photographie und die Mittel zu ihrer Beseitigung. Von Hugo Müller-Berlin.

3. Aufl. 100 S. M 2,00. — Heft 21: Die photographische Retusche nebst einer Anleitung zum Kolorieren von Photographien. Von G. Mercator. 2. Aufl. 86 S. M 2,50. Halle, W. Knapp, 1905.

Die vorliegenden drei Werke des umfassenden Spezialverlages für Photographie sind für den Fachmann wie für den Liebhaber gleich wertvoll. Nr. 1 enthält Rezepte und Tabellen über Belichtungszeit, Verwendung und Herstellung der Entwickler, Dreifarbenphotographie u. s. w., wie sie an der k. k. Graphischen Lehr- und Versuchsanstalt in Wien angewendet werden. Nr. 3 (Heft 21) enthält u. a. auch eine Anweisung zum Kolorieren von Diapositiven, die gelegentlich für den Unterricht von großem Werte sein kann. Besonders sei aber auf das ausdrücklich für den Liebhaber bestimmte Heft 7, das auf 8 beigehefteten Tafeln sehr instruktive photographische Illustrationen bietet, empfehlend hingewiesen.

Leitfaden für den methodischen Unterricht in der Chemie. Von Dr. F. Wilbrand. 8. Aufl.
Hildesheim, Lax. 1905. 248 S. M 3,60, geb. M 4,20.

Hildesheim, Lax, 1905. 240 S. M 3,00, geb. M 4,20.

Die Stoffanordnung und die methodischen Grundgedanken des bewährten Buches sind in dieser Zeitschrift bereits früher (*VI* 105) besprochen worden. In der neuen Auflage, wie schon in der vorangegangenen, sind gemäß den neuen Verordnungen, die eine eingehendere Berücksichtigung der Mineralogie verlangen und die Behandlung gewisser Abschnitte der organischen Chemie zulassen, dementsprechende Änderungen vorgenommen worden. Im ganzen kommt jedoch die Mineralogie in dem Leitfaden noch nicht genügend zu ihrem Rechte. Ferner sind am Schluß des methodisch-anorganischen Teiles noch Erläuterungen über die elektrolytische Dissoziation und die Ionentheorie hinzugekommen. Auch einige Volumberechnungen aus dem Grammolekül sind hinzugefügt. Indessen ist der Satz: „da 1 Liter Wasserstoff 0,09 g wiegt, so erfüllt das Grammolekül (2 g) Wasserstoff den Raum von 22,32 Litern“ (*S. 145*) in doppelter Hinsicht nicht einwandfrei. Erstens ist es nicht statthaft, das Grammolekül Wasserstoff zu 2 g anzunehmen. Zwar verwendet der Verf. in den ganzen theoretischen Darlegungen $H = 1$ neben $O = 16$ — eine für den Elementarunterricht wohl zu rechtfertigende Maßnahme — so daß es sogar überraschen muß, wie bei gelegentlicher Mitteilung des genaueren Verhältnisses von $H : O$ (*S. 145* letzte Zeile) die Wasserstoffeinheit so ganz ohne Nachruf aufgegeben wird. Für die Raumberechnung des Grammoleküls mußte jedenfalls von $O = 32$ und dem Litergewicht 1,429 g — oder aber, nachdem Wasserstoff als Einheit aufgegeben war, von dem neuen Wert dieses Elementes — ausgegangen werden; beides hätte dann auf die richtige (abgekürzte) Zahl 22,41 geführt. Zweitens enthält aber die Zahl 22,32 einen Rechenfehler, denn die im oben zitierten Satz vorkommenden Größen führen immer nur auf den Wert 22,22... Es sind demgemäß die dort angeknüpften stöchiometrischen Beispiele ebenfalls zu korrigieren, d. h. auf die richtige Zahl 22,4 zu beziehen. — Diese kleinen Ausstellungen, denen wir sogar noch die mangelnden geschichtlichen Angaben und das Fehlen eines Registers anreihen müssen, sollen jedoch den Wert des Leitfadens als Ganzen nicht schmälern, es seien vielmehr die großen methodischen Vorzüge desselben aufs neue rühmend hervorgehoben.

Programm - Abhandlungen.

Zwei neue mathematische Meßinstrumente. Von Prof. Dr. Kreuschmer. Realschule zu Barmen.

Ostern 1905. Pr.-No. 586.
 Die beiden für den Unterricht bestimmten Instrumente sind ein „Universal-Winkelmeßapparat“ und ein „neuer Transporteur für Winkel und Winkelfunktionen“. Ersterer ist an Stelle eines Theodoliten zu ähnlichen Zwecken zu gebrauchen wie der Ohmannsche „Feldwinkelmesser“ (vergl. ds. Zeitschr. V 166, VI 269, X 167), dessen der Verfasser nicht Erwähnung tut, obwohl er ihm nicht unbekannt geblieben sein kann, und obwohl sein Apparat in verschiedenen Punkten mit den Eigentümlichkeiten des genannten Apparates übereinstimmt. Der Ohmannsche Apparat hat den Vorzug größerer Einfachheit und Durchsichtigkeit der Konstruktion, ferner auch den der größeren Billigkeit (er kostet nur den vierten Teil). Kreuschmers Apparat wird von Doerffel und Faerber in Berlin, der Ohmannsche von Dr. Robert Müncke in Berlin angefertigt. — Der Transporteur ist für den

Gebrauch in der Unterrichtsstunde bestimmt und gestattet auch, Winkelfunktionen abzulesen; er ist von J. Ehrhardt in Bensheim (Hessen) zu beziehen.

P.

Einführung in die Chemie in schulgemäßer Behandlung. II. Teil: Penum der UI am K. Realg. zu Bromberg, erste Hälfte. Von Prof. P. Schäube. Pr.-Nr. 206. Bromberg 1905. 25 S.

Der Verfasser behandelt in diesem Teile hauptsächlich den Kohlenstoff und seine Verbindungen Kohlendioxyd, Kohlensäure — wobei, was zu loben ist, gleich die wichtigsten Karbonate mit entsprechenden Versuchen angeschlossen werden — ferner Kohlenoxyd nebst Ameisen- und Oxalsäure, Schwefelkohlenstoff und einige Kohlenwasserstoffe sowie Cyanverbindungen. Die notwendigen Reaktionen gelangen in zweckmäßig ausgewählten Versuchen zum Ausdruck, doch läßt die theoretische Darstellung zu wünschen übrig. Beispielsweise wird der Begriff der exothermischen Reaktion erst hier erörtert, aber nur beiläufig in einer Fußnote und bei weitem nicht mit dem Nachdruck, der ihm gebührt. Im übrigen zeugt die Arbeit vielfach von Sorgfalt und Unterrichtserfahrung, trägt aber der physikalischen Seite der chemischen Erscheinungen nicht genügend Rechnung und geht überhaupt zu wenig auf neuere Anschauungen ein.

O.

Versammlungen und Vereine.

Internationale Konferenz über elektrische Maßeinheiten zu Charlottenburg.

23. bis 25. Oktober 1905¹⁾.

Auf dem internationalen Elektrikerkongreß in Chicago 1893 waren die drei Einheiten Ohm, Ampere, Volt zahlenmäßig festgesetzt worden, und zwar das Ohm durch eine bestimmte Quecksilbersäule, das Ampere durch einen bestimmten Silberniederschlag in der Zeiteinheit und das Volt durch einen bestimmten Bruchteil der EMK des Clark-Elementes. Da aber diese drei Einheiten durch das Ohmsche Gesetz miteinander verbunden sind, so war durch die zahlenmäßige Festlegung des Volt eine zweite, von der aus Ohm und Ampere folgenden unabhängige gegeben. Tatsächlich stellte sich bald nach dem Chicagoer Kongreß heraus, daß diese beiden Festsetzungen des Volt nicht im Einklang waren, oder, bestimmt ausgedrückt, daß sorgfältig angestellte Silbervoltameterversuche für das Clark-Element eine um etwa 0,1 % niedrigere EMK als die in Chicago angenommene (1,434 V. bei 15° C.) ergaben. Eine derartige Abweichung ist aber selbst für technische Zwecke (insbesondere bei der Vergleichung photometrischer Messungen an elektrischen Glühlampen) nicht mehr zu vernachlässigen.

Diejenigen Länder, die bald nach dem Chicagoer Kongreß die elektrischen Maße legalisierten und sich dabei an die Chicagoer Beschlüsse hielten (Amerika, England, Frankreich), befinden sich jetzt in der schwierigen Lage, bei der Benutzung des Clark-Elementes zu Spannungs- und Stromstärkemessungen eine nach dem Obigen unrichtige Zahl zugrunde legen zu müssen. In Deutschland sind durch das Reichsgesetz vom 1. Juni 1898 bereits nur zwei Einheiten, Ohm und Ampere, zahlenmäßig festgelegt, und diesem Vorgehen haben sich Österreich und Belgien angeschlossen. Indessen erschien wegen der internationalen Wechselbeziehungen auf wissenschaftlichem und technischem Gebiet eine allgemeine Beseitigung der angedeuteten Schwierigkeit dringend erwünscht.

Zur Vorbereitung der Angelegenheit war eine Konferenz zusammenberufen worden, an der folgende Herren teilnahmen: H. S. Carhart, Michigan Univ. U. S. A.; E. Gérard, Lüttich; P. Clément, Brüssel; Th. Lewald, F. Kohlrausch, E. Warburg, E. Hagen, W. Jaeger, St. Lindeck, Berlin; R. T. Glazebrook, Teddington (England); E. Mascart, Paris; V. v. Lang, Wien; L. Kusminsky, Wien; v. Steinwehr und Leithäuser, Berlin.

Es wurden folgende Beschlüsse bezw. Resolutionen gefaßt: 1. Es sollen nur zwei elektrische Einheiten als Grundeinheiten gewählt werden. — 2. Als elektrische Grundeinheiten werden das internationale Ohm, dargestellt durch den Widerstand einer Quecksilbersäule, und das internationale Ampere, dargestellt durch einen Silberniederschlag, angenommen. — 3. Das internationale Volt ist diejenige E.M.K., welche in einem Leiter, dessen Widerstand ein internationales Ohm beträgt, einen elektrischen Strom von einem internationalen Ampere erzeugt. Als Normalelement wird das Westonsche Kadmiumelement angenommen.

Für die Darstellung des Ohm empfiehlt die Konferenz die folgenden Maßnahmen:

1. Die Methode, welche den Ausbreitungswiderstand vermeidet (vergl. Müller-Pfaundler III 416) soll nicht benutzt werden. — 2. Die Reichsanstalt soll sich mit dem Glaswerk Schott & Gen. in

¹⁾ Man vergl. den Bericht von W. Jaeger und St. Lindeck in der Elektrotechn. Zeitschr. 1905, Heft 10, und die Verhandlungen der internationalen Konferenz über elektrische Maßeinheiten, Berlin 1906, gedruckt in der Reichsdruckerei.

Jena in Verbindung setzen, um festzustellen, ob genügend kalibrische Rohre aus Glas 59III geliefert werden können. — 3. Die zur Herstellung von Quecksilberwiderständen benutzten Glasrohre sollen sorgfältig gealtert sein. — 4. Die Rohre sollen im Vakuum ohne Erhitzung gefüllt werden. — 5. Für die Wägung soll die Quecksilbersäule bei 0° an den Endquerschnitten des Rohres durch Ebenen abgegrenzt werden. — 6. Die Längenmessung soll möglichst bei 0° mit Kontaktstücken vorgenommen werden. — 7. Die elektrischen Messungen sollen bei 0° vorgenommen werden, und zwar nach einer Methode, welche die Verwendung dicker Zuführungsdrähte vermeidet. Als solche Methoden werden die Kohlrauschsche Differentialgalvanometermethode, die Thomssonsche Brückennmethode und eventuell die Kompensationsmethode empfohlen. Die Meßstromstärke soll nur so groß sein, daß das Quecksilber nicht schädlich erwärmt wird. — 8. Als Wert eines Rohres soll das Mittel von mindestens drei Füllungen gelten. — 9. Als Wert der Quecksilbereinheit soll das Mittel von wenigstens fünf Rohren gelten. — 10. Die Quecksilbernormale sollen einen ungefähren Widerstand von 1 Ohm haben. — 11. Als Wert der Drahtseinheit soll das Mittel aus mindestens fünf Widerständen von 1 Ohm gelten. — 12. Die Kontrolle der Drahtseinheit durch die Quecksilbereinheit soll in angemessenen Zeitintervallen stattfinden.

Bezüglich der Angaben des Silbervoltameters wurde ausgesprochen, daß die vorliegenden Informationen nicht ausreichten, um eine Änderung an dem bisher angenommenen Wert des Ampere vorzuschlagen. Bis auf weiteres sei an der Zahl 1,118 mg festzuhalten; es müsse nach einer Form des Silbervoltameters gesucht werden, bei der die Anodenflüssigkeit von der Kathode möglichst fern bleibe, doch wird in Aussicht genommen, in einer späteren Konferenz endgültige Beschlüsse in dieser Hinsicht zu fassen.

Bezüglich der Normale für die EMK wurde beschlossen, an Stelle des Clark-Elementes das Westonsche Kadmiumelement zu setzen, und zwar soll das verwendete Kadmiumsulfathydrat fest sein, das Kadmiumamalgam soll 12- bis 13-prozentig sein, und es sollen Störungen am negativen Pol vermieden werden; doch konnten auch hier noch keine genaueren Vorschriften vereinbart werden.

Es besteht die Absicht, ähnlich wie für die Längen- und Massenbestimmung, auch für die elektrischen Einheiten möglichst unveränderliche bzw. genau reproduzierbare Normale herzustellen. Weniger notwendig erscheint es, daß diese praktischen elektrischen Maße in eine möglichst genaue Übereinstimmung mit ihren theoretischen Definitionen gebracht werden. Dieser Standpunkt wurde auf der Konferenz namentlich auch von Herrn Mascart vertreten und entspricht durchaus den Verhältnissen, wie sie bereits bei der Längen- und Masseneinheit tatsächlich vorliegen. Nur sind wir heutzutage noch nicht in der Lage, genau anzugeben, wie groß z. B. die Abweichung des internationalen Ampere (1,118 mg/Sek Silber) von seiner theoretischen Definition (10^{-1} CGS-Einheiten) ist. Wir wissen nur mit ziemlicher Sicherheit, daß diese Abweichung nicht mehr als einige Zehntausendstel betragen wird; bis sie zahlenmäßig auf 0,01 % genau feststeht, werden wahrscheinlich noch Jahre vergehen. Auch bei den genauesten wissenschaftlichen Arbeiten besteht zurzeit keine Möglichkeit, eine zuverlässige, allgemein anerkannte Reduktion auf die theoretische Stromstärkeeinheit anzubringen; deshalb ist die in einigen Gesetzen sich findende Fassung: „das Ampere ist gleich 0,1 CGS-Einheiten“ und wird für praktische Zwecke genügend genau dargestellt durch . . . ganz bedeutungslos, da eben eine genauere Darstellung, etwa für wissenschaftliche Zwecke, garnicht vorhanden ist.

P.

Verein zur Förderung des physikalischen Unterrichts zu Berlin.

Sitzung am 12. Mai 1905. Herr POSKE berichtete über die von der Unterrichtskommission für die Reform des mathematischen und physikalischen Unterrichts aufgestellten Vorschläge. — Herr FRANK sprach über die Infinitesimalrechnung an höheren Lehranstalten und ihre Anwendung in der Physik. Er entwickelte den Begriff des Differentialquotienten als Verhältnis zweier Nullen, leitete in entsprechender Weise die Regeln der Differentialrechnung ab und wandte sie auf die Formeln für Geschwindigkeit und Beschleunigung sowie auf Aufgaben über Maxima und Minima an. In der Diskussion wurden erhebliche Bedenken gegen die von dem Vortragenden angegebene Art der Einführung geltend gemacht. — Herr HEYNE gab einen Überblick über die städtischen Veranstaltungen im Sommersemester 1905.

Sitzung am 8. September 1905. Herr VOLKMANN demonstrierte die mit seinem „Physikalischen Baukasten“ herzustellenden Apparate. Er zeigte einige besonders exakt gearbeitete Formen des Bunsenschen Stativs mit Kreuzmuffen, Stabmuffen und Rohrmuffen, eine Wandklemme, Tischchen auf photographischem Dreibeinstativ, eine Universalmuffe. Er setzte aus Stativen und Stäben ein Pendel mit hörbarem Schlag zusammen und zeigte dessen Anwendung. Er stellte einen Hebel und eine einfache chemische Wage her und entwickelte an diesen Apparaten die Bedeutung des Trägheits-

moments. Er zeigte eine Drehachse mit Teilkreis und Fernrohr und deren Anwendung bei einem Kathetometer, einem Spektrometer und einem Tellurium. Er demonstrierte eine einfache Fallmaschine und verschiedene Versuche mit einer optischen Bank. Er zeigte zwei aus einem halben Paraboloid bestehende Hohlspiegel und deren Verwendung für Strahlungsversuche, ferner eine Kugelschwebe sowie ein Solenoid und Amperesches Viereck, beide aus Lametta gefertigt. Er demonstrierte ein Geisermodell mit elektrisch erwärmtem Wasser.

Sitzung am 10. November 1905. Herr Ingenieur BIEGON v. CZUDNOCHOWSKI sprach über Neuerungen in der Bogenlichttechnik. Er beschrieb das eigentliche „Flammenbogenlicht“ und machte nähere Angaben über die Versuche mit schräger Stellung der Kohlen. Er schilderte die Bedeutung verschiedener Zusätze von Metallsalzen sowie der von Bremer hinzugefügten Halogen- (besonders Fluor-) Verbindungen für eine Erhöhung der Lichtstärke der Bogenlampen. Er sprach über die Bedeutung des Elektrodenwinkels und über die Wichtigkeit einer Abschließung der Verbrennungsgase, wodurch die Brenndauer eines Kohlenpaars bedeutend erhöht werden kann. Er demonstrierte mehrere nach den beschriebenen Gesichtspunkten hergestellte Bogenlampen.

Sitzung am 16. Dezember 1905. Herr Prof. SPIES aus Posen zeigte eine Reihe von neuen Versuchen und Apparaten aus der Mechanik, Akustik und Optik: eine neue Anordnung für den Foucault-Pendelversuch, einen Apparat für das Trägheitsmoment, neue Methoden zur Bestimmung der Schwingungszahlen an Stimmgabeln und Galton-Pfeifen; eine Nernstlaterne sowie die Anwendung einer Glühlampe für die Erscheinungen der Lochkamera, Versuche über Kernschatten und Halbschatten, Versuche über Brechung und additive Farbenmischung.

Schk.

Mitteilungen aus Werkstätten.

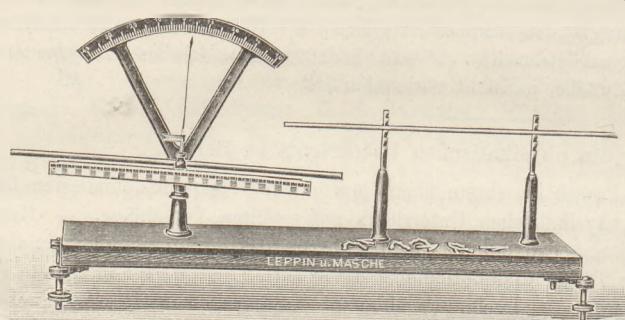
Eine magnetische Polwage nach R. Heyden.

Von LEPPIN und MASCHE in Berlin SO.

Die Beschreibung des Apparats findet sich in den Berichten über Apparate und Anlagen der Firma, IV. Jahrgang, No. 2 (April 1906). Die Konstruktion schließt sich am nächsten an die von Grimsehl in dieser Zeitschrift (*XVI* 334) beschriebene an. Es werden zwei gleich beschaffene Magnetstäbe verwendet, deren Gleichheit dadurch geprüft wird, daß man die Stäbe mit den ungleichnamigen Polen zusammenlegt und aus etwa 10 cm Abstand auf eine Magnetnadel wirken läßt, die sich nicht merklich bewegen darf, wenn man auf genügende Gleichheit schließen soll; andernfalls muß man den schwächeren Stab durch Streichen verstärken. Die Lage der Pole ergibt sich am besten aus dem Kraftlinienbilde, das zugleich die Probe für die gleichförmige Magnetisierung der Stäbe ist.

Der eine Stab ist als Wagebalken um eine Schneide drehbar angebracht, und, um das Einstehen weithin sichtbar zu machen, ist über der Mitte des Wagebalkens eine lange Zunge befestigt,

die vor einer Kreisteilung spielt. Ein leichter aus Aluminium hergestellter Rahmen umgibt teilweise den Wagebalken, er ist an der Schneide befestigt, und seine dem Magnetstab parallele vordere Längsseite ist von der Mitte aus nach beiden Seiten in cm und mm eingeteilt. Auf dem oberen Rande dieser Teilung lassen sich die beigegebenen passend geformten 100-, 200-, 500- und 1000-Dynen-Gewichte verschieben, bis durch die



Gegenwirkung ihrer Drehmomente das Drehmoment der sich abstoßenden Pole aufgehoben wird, mit anderen Worten, bis die Wage einsteht.

Unterhalb der Schneide, am Kopf einer Schraube, deren zugespitztes Ende in eine kleine Vertiefung auf der unteren Seite des Magnetstabes eingeschraubt wird, befindet sich ein kleines Gewicht, das die Stabilität der Wage beweckt. Durch ein zweites linsenförmiges, am unteren Ende der Zunge längs einer Schraubenspindel bewegliches Gewicht kann die Empfindlichkeit der Wage verändert werden, endlich ermöglicht es ein kleines Kupferfahnchen an der Zunge die Nullstellung des Zeigers vor der Einwirkung des anderen Stabes herbeizuführen, falls der Schwerpunkt des Wagebalkens nicht genau unter der Schneide liegt, oder andere Umstände den Stab ablenken.

Der den Wagebalken niederdrückende Pol befindet sich an einem gleichbeschaffenen Stabe senkrecht über dem gleichnamigen Pol des Wagebalkens. Dieser Stab wird getragen von zwei oben mit passenden Einkerbungen versehenen Stützen. In je zwei gleich hohen Kerben ruht der Stab horizontal, kann in seiner Höhe um einige cm verlegt und in seiner Längsrichtung behufs Über-einanderbringung der gleichnamigen Pole verschoben werden. Vor der Einbringung dieses Stabes in die Kerben und vor der genaueren Einstellung des Wagebalkens muß man das Grundbrett des Apparates mit Hilfe einer Libelle und vermittelst der angebrachten Stellschrauben horizontal stellen.

Der Preis des Apparats einschließlich eines Satzes Reitergewichte beträgt M 60,—.

In denselben Berichten (Jahrgang 1906, No. 1 und 2) ist noch ein Spiegelmegaskop zur Projektion horizontal liegender undurchsichtiger Gegenstände und ein Modell eines physikalischen Hörsaales beschrieben.

Korrespondenz.

In betreff der Erfindung der Lichttelephonie erhalten wir folgende Zuschrift:

Auf S. 789 der 4. Auflage meiner „Demonstrationen“ steht der Satz: „Bekanntlich ist von Ruhmer (unter Benutzung der Simonschen sprechenden Bogenlampe) ein förmliches System drahtloser Telephonie ausgebildet worden . . .“ Äntlererseits ist unter „sprechende Bogenlampe“ (S. 933, letzte Zeile) auf den Vortrag des Herrn Prof. Simon im E.T.V. Berlin (*ds. Zeitschr. XIV* S. 297, *E.T.Z. XXII* S. 510) hingewiesen, aus dem die Priorität des Herrn Prof. Simon auch für die Verwendung des sprechenden Lichtbogens als lichttelephonischen Senders klar ersichtlich ist. Da trotzdem der oben angeführte Satz so aufgefaßt worden ist, als solle er die Erfindung der Lichttelephonie mit Bogenlichtsender Herrn Ruhmer zusprechen, so will ich nicht ermangeln, ausdrücklich darauf hinzuweisen, daß mit dem Worte „ausgebildet“ nur die weitere Fortbildung des Systems gemeint gewesen ist. (Man vergleiche den Bericht von Biegon v. Czudnochowski, *ds. Zeitschr. 1904*, S. 306.)

Zugleich sehe ich mich veranlaßt, auf eine Mitteilung des Herrn Otto v. Bronk (in Firma Clausen & v. Bronk, Berlin N) in der *Phys. Zeitschr. 1906*, Nr. 8, S. 281 hinzuweisen, nach der die in eine Glashülle eingeschlossenen Selenzellen von ihm und nicht, wie S. 788 der Demonstrationen auf eine Mitteilung des Herrn Ruhmer angegeben, von diesem herrühren.

Chemnitz, Mai 1906.

A. Weinhold.

Bei der Redaktion eingegangene Bücher und Schriften.

- E. Gerland**, Leibnizens nachgelassene Schriften physikalischen, mechanischen und technischen Inhalts. Mit 200 Fig. 256 S. Leipzig, B. G. Teubner, 1906. M 10,—. — **H. A. Lorenz**, Lehrbuch der Physik, übersetzt von G. Siebert. I. Bd. mit 236 Abbild. 482 S. Leipzig, J. A. Barth, 1906. M 8,—, geb. M 9,—. — **v. Fischer**, Grundbegriffe und Grundgleichungen der mathematischen Naturwissenschaft. Mit 12 Fig. 108 S. Leipzig, J. A. Barth, 1906. M 4,50. — **J. J. Thomson**, Elektrizitätsleitung in Gasen. Deutsche autorisierte Ausgabe von Dr. E. Marx. In 3 Lieferungen mit 54, 63 u. 70 Textfiguren. 587 S. Leipzig, B. G. Teubner, 1906. — **J. A. Fleming**, Elektrische Wellentelegraphie, deutsch von Aschkinass. Mit 53 Abbild. 185 S. Leipzig, B. G. Teubner, 1906. M 5,—. — **F. C. G. Müller**, Technik des physikalischen Unterrichts nebst Einführung in die Chemie. Mit 251 Abbild. 370 S. Berlin, O. Salle, 1906. M 6,—, geb. M 7,—. — **F. Pockels**, Lehrbuch der Kristalloptik. Mit 168 Fig. 519 S. Leipzig, B. G. Teubner, 1906. geb. M 16,—. — **E. Sommerfeldt**, Geometrische Kristallographie. Mit 31 Taf. u. 69 Fig. 139 S. Leipzig, W. Engelmann, 1906. M 7,—. — **J. Remsen**, Anorganische Chemie, 3. Aufl., bearbeitet von K. Seubert. Mit 21 Fig. 528 S. Tübingen, H. Laupp, 1906. — **Svante Arrhenius**, Theorien der Chemie, nach Vorlesungen. Übers. von A. Finkelstein. 177 S. Leipzig, Akademische Verlagsgesellsch., 1906. M 8,—. — **W. Ostwald**, Die chemische Reichsanstalt. 28 S. Leipzig, Akademische Verlagsgesellsch., 1906. M 1,—. — **F. Strunz**, Über die Vorgeschichte und die Anfänge der Chemie. 69 S. Leipzig, F. Deuticke, 1906. — **K. Rosenberg**, Lehrbuch der Physik. Mit 336 Fig. Ausgabe für Realschulen. 260 S. Wien, A. Hölder, 1906. Geb. 3 K. — **A. Nies und E. Düll**, Lehrbuch der Mineralogie und Geologie. 2. Aufl. Mit 400 Fig. u. 20 Taf. 216 S. u. 106 S. Stuttgart, F. Lehmann, 1905. — **F. Rüdorff**, Grundriß der Mineralogie und Geologie. 8. umgearb. Aufl. 124 S. Berlin, H. W. Müller, 1906. M 1,50, geb. M 1,80. — **W. Jaeger**, Werner von Siemens (Männer der Wissenschaft, Heft 5). 52 S. Leipzig, W. Weicher, 1906. M 1,—. — **Th. Newst**, Einige Weltprobleme ohne Wunderkultus. III. Teil, Ergründung der Elektrizität. 131 S. Wien, C. Konegen, 1906. M 2,—. — **E. Kapff**, Die Erziehungsschule. Mit 5 Bildern. 79 S.

Stuttgart, J. Hoffmann. M 1,20. — **R. Böttger**, Beiträge zur Geschichte und Methode des chemischen Unterrichts in der Volksschule (Samml. naturw. päd. Abh., Bd. II, H. 5). 78 S. Leipzig, B. G. Teubner, 1906. M 1,40. — **J. M. Mellor**, Höhere Mathematik für Studierende der Chemie und Physik und verwandter Wissensgebiete, deutsch von A. Wogrinz und A. Szarvassi. Mit 109 Fig. 411 S. Berlin, Julius Springer, 1906. M 8,—. — **M. Geistbeck**, Leitfaden der mathematischen und physikalischen Geographie. 172 S. Freiburg i. B., Herder, 1905. M 1,40, geb. M 1,80.

Himmelserscheinungen im Juni und Juli 1906.

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

	Juni						Juli					
	3	8	13	18	23	28	3	8	13	18	23	28
♀ { AR D	4 ^h 14 ^m + 21 ^o	5. 0 + 23 ^o	5.48 + 25 ^o	6.34 + 25 ^o	7.16 + 24 ^o	7.54 + 23 ^o	8.26 + 21 ^o	8.54 + 18 ^o	9.16 + 16 ^o	9.33 + 13 ^o	9.44 + 11 ^o	9.48 + 9 ^o
♀ { AR D	6 ^h 41 ^m + 25	7. 8 + 24	7.34 + 23	7.59 + 22	8.24 + 21	8.49 + 20	9.13 + 18	9.36 + 16	9.59 + 14	10.21 + 12	10.43 + 9	11. 4 + 7
○ { AR D	4 ^h 42 ^m + 22	5. 2 + 23	5.23 + 23	5.44 + 23	6. 5 + 23	6.25 + 23	6.46 + 23	7. 7 + 23	7.27 + 23	7.47 + 22	8. 7 + 21	8.27 + 20
♂ { AR D	5 ^h 36 ^m + 24	5.50 + 24	6. 5 + 24	6.19 + 24	6.34 + 24	6.48 + 24	7. 3 + 24	7.17 + 23	7.31 + 23	7.45 + 22	7.59 + 22	8.12 + 21
♃ { AR D	5 ^h 4 ^m + 22		5.14 + 23		5.24 + 23		5.34 + 23		5.44 + 23		5.53 + 23	
♁ { AR D	23 ^h 6 ^m — 8					23. 8 — 8						
⊙ Aufg. Unterg.	3 ^h 45 ^m 20 ^h 12 ^m	3.41 20.16	3.39 20.20	3.39 20.23	3.39 20.24	3.41 20.24	3.44 20.23	3.48 20.21	3.53 20.17	4. 0 20.11	4. 6 20. 5	4.14 19.58
⊙ Aufg. Unterg.	15 ^h 29 ^m 2 ^h 13 ^m	21.57 5.20	0.27 11. 9	2.12 16.40	5. 7 21.21	10.36 23.54	17.11 1.38	22. 0 6.21	23.56 12.18	1.39 17.34	6. 3 21. 9	12.14 23.11
Sternzeit im mittl. Mittg.	4 ^h 43 ^m 59 ^s	5. 3.41	5.23.24	5.43. 7	6. 2.50	6.22.32	6.42.15	7. 1.58	7.21.41	7.41.24	8. 1. 6	8.20.49
Zeitgl.	— 2 ^m 14 ^s	— 1.23	— 0.24	+ 0.40	+ 1.45	+ 2.49	+ 3.48	+ 4.40	+ 5.23	+ 5.55	+ 6.14	+ 6.18

Mittlere Zeit = wahre Zeit + Zeitgleichung.

Mondphasen in M.E.Z.	Neumond		Erstes Viertel		Vollmond		Letztes Viertel	
	Juni	Juli	Juni	Juli	Juni	Juli	Juni	Juli
	22, 0 ^h 6 ^m	21, 13 ^h 59 ^m	29, 15 ^h 19 ^m	28, 20 ^h 56 ^m	6, 22 ^h 12 ^m	5, 5 ^h 27 ^m	13, 20 ^h 34 ^m	13, 11 ^h 13 ^m

Planetensichtbarkeit	Merkur	Venus	Mars	Jupiter	Saturn
im Juni	unsichtbar	abends 1 ^{1/2} bis 3/4 Std. lang im W sichtbar	unsichtbar	unsichtbar Konjunktion am 10.	geht um Mitter- nacht auf
im Juli	unsichtbar	3/4 Stunden lang abends im W sichtbar	unsichtbar Konjunktion am 15.	wird morgens im NO sichtbar, zuletzt 1 ^{3/4} Std. lang	fast die ganze Nacht hindurch sichtbar

Eine partielle Sonnenfinsternis findet am Nachmittag des 21. Juli statt, ist jedoch nur an der Südspitze Südamerikas und im südlichen atlantischen Ozean sichtbar.

Veränderliche Sterne (M.E.Z.):

Juni 2	23 ^h 58 ^m	δ Librae-Min.	Juni 16	23 ^h 19 ^m	Algol-Min.	Juli 9	23 ^h	η Aquilae-Min.
5	21 ^h	W Sagitt.-Min.	27	23 ^h	η Aquilae-Max.	12		R Lyrae-Min.
8	21 ^h	W Sagitt.-Max.	Juli 9	21 ^h 51 ^m	Algol-Min.	12	22 ^h	δ Cephei-Min.
9	23 ^h 32 ^m	δ Lybrae-Min.						

Dr. F. Koerber.

Nachdruck nur mit Quellenangabe und mit Genehmigung der Verlagshandlung gestattet.

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