

Zeitschrift

für den

Physikalischen und Chemischen Unterricht.

XXXIII. Jahrgang.

Drittes Heft.

Mai 1920.

Die Bestimmung der Gravitationskonstante und der Erdmasse im Schulunterricht.

Von Ludwig Nagele in Klagenfurt.

Der Apparat, der im folgenden beschrieben wird, stellt nichts Neues dar. Es ist im wesentlichen dieselbe Anordnung, die WEINHOLD in seinem Experimentierbuche (4. Aufl., S. 125) beschreibt, die jedoch in der jetzigen Zeit für die meisten physikalischen Lehrmittelsammlungen unerschwinglich sein dürfte. Als mir vor Jahren schon der Gedanke kam, die allgemeine Massenanziehung in der Schule nachzuweisen, ja womöglich auch die Gravitationskonstante zu bestimmen, erschien mir jeder derartige Versuch im vorhinein als aussichtslos, wenn ich die näheren Umstände in Betracht zog. Unser Physiksaal grenzt mit der einen Wand an eine Straße, in der die elektrische Straßenbahn und Lastautomobile vorüberfahren, ober dem Saale befindet sich ein Klassenzimmer, so daß man annehmen mußte, jedes derartige Beginnen würde an dem beständigen Zittern des Gebäudes scheitern. Dazu kam noch die Bemerkung WEINHOLDS in einer Fußnote (S. 126), daß von anderer Seite ein Apparat dem seinen nachgebaut worden sei, „vor allem mit gänzlicher Beiseitelassung der für zuverlässige Wirkung durchaus notwendigen Sicherungen gegen Störungen“. Erst in diesem Schuljahre kam ich wieder auf die Idee zurück und nach einigen nicht besonders verheißungsvollen Vorversuchen gelang die Ausführung in der unten beschriebenen Weise. Ich staune jetzt, wie wenig störend die angeführten Übelstände einwirken und habe eine große Freude daran, dieses für die Schüler so geheimnisvolle Experiment durchführen zu können, um so mehr, als die Leistung des Apparates für Schulzwecke eine geradezu gute genannt werden muß. Dazu kommt noch, daß die ganze Vorrichtung eigentlich gar nichts kostet. Jeder Verwalter einer physikalischen Lehrmittelsammlung weiß, wie sorgfältig oft alte, teils gebrochene Apparate, teils solche, die im heutigen Lehrgang nicht mehr verwendet werden können, gehegt und gepflegt werden, immer wieder ins Inventar aufgenommen werden, die Sammelkästen füllen und doch einen nutzlosen Ballast darstellen. Man lege die heilige Scheu vor derartigen alten Möbeln ab, zerlege sie und wird sehr viel brauchbares Material zum Zusammenstellen neuer Apparate finden. Die schwere Zeit, in der wir leben, zwingt uns dazu, alles auszunützen, was von früher her an totem Kapital in den Sammlungen sich angehäuft hat. Auf diese Weise entstand auch die im folgenden beschriebene Vorrichtung.

An der Zimmerdecke ist ein Brettchen BB (15 cm lang, 5 cm breit) in der aus Fig. 1 ersichtlichen Weise befestigt. Durch eine Bohrung desselben geht eine Schraube S , mit einer Schraubennutter m festklemmbar, während eine zweite Schraubennutter m' den unteren aufgeschlitzten Teil der Spindel zusammenpreßt. In dem Schlitz wird der Aufhängedraht festgehalten. Es ist dies ein feiner Kupferdraht, von der Sekundärspule eines unbrauchbar gewordenen kleinen Induktionsapparates abgewickelt, 0,08 mm dick, etwa 3 m lang, der durch vorsichtiges Bestreichen mit einer kleinen leuchtenden Gasflamme von seiner Isolierung befreit worden ist. Die Schraube S kann durch Drehen in jede beliebige Lage und dadurch der eigentliche Teil des Apparates, die am unteren Ende des Drahtes hängende Drehwaage ein für allemal in eine Stellung gebracht

werden, die zu den Raumverhältnissen des Saales paßt. Die Drehwaage (Fig. 2) ist ein dünnes Glasröhrchen ll von 3 mm Dicke und 3 g Gewicht, das durch die Bohrung einer kleinen Klemme gezogen, in der Mitte festgeklemmt ist und an den Enden im Abstände 10 cm von der Mitte die Massen m , m im Betrage von je 12 g trägt. Das Röhrchen ist mit Picein in Bohrungen derselben eingekittet und deshalb isoliert, wodurch eine elektrische Kondensatorwirkung vermieden ist. In die Klemme eingedreht ist ein Messingstäbchen b , das oben ebenfalls einen Schlitz besitzt, in dem ein zweites dünnes Messingstäbchen a (2 mm dick) als Träger des Spiegels S eingeklemmt werden kann (Fig. 2, A und C). Durch eine feine Bohrung am oberen Ende von a wird der Aufhängedraht gezogen und festgemacht. Die Drehwaage schwingt in einem Messingrohr RR , 33 cm lang, 3,7 cm Durchmesser, das von einem alten Fernrohr gewonnen wurde und eine Bohrung von 1,5 cm Durchmesser erhielt, durch die das Stäbchen b herausragt. Über dieser Bohrung ist zum Schutze des Spiegels und der Stäbchen eine Messinghülse H von 2 cm Durchmesser und 10 cm Höhe aufgesetzt, die mit Schrauben längs zweier auf dem Schutzrohr aufgesetzter

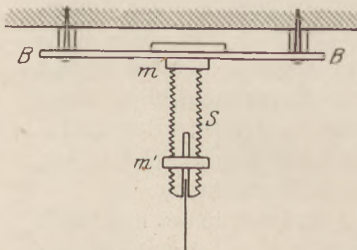


Fig. 1.

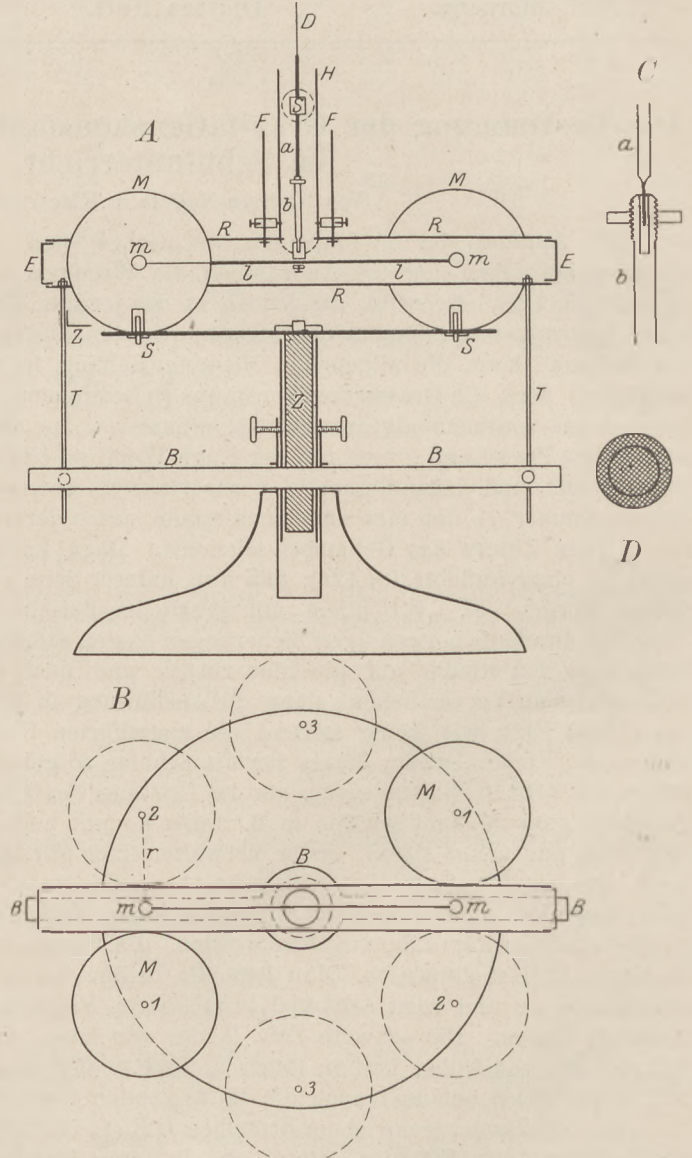


Fig. 2.

Führungsstäbe verschoben, bzw. festgeklemmt werden kann. Man achte darauf, daß die Hülse H die Bohrung vollkommen verdeckt und an der Röhre R glatt anliegt. In der Höhe des Spiegelchens besitzt sie ein Loch, um das Licht einer Lampe durch Spalt und Linse darauf fallen zu lassen. Auch die Fernrohrblenden haben Verwendung gefunden, und zwar als Einsätze EE in die Stirnseiten des Rohres, nachdem sie vorher mit einem feinmaschigen Messingdrahtnetz ausgekleidet wurden und so einen Durchblick

längs der Achse gestatten (Fig. 2, *A* und *D*). Bevor die Träger des Rohres erwähnt werden, wird es notwendig sein, den zweiten Hauptteil des Apparates zu besprechen. Ich fand eine alte optische Scheibe — sie besteht merkwürdigerweise aus Zink, kann aber auch aus Messing sein, nur nicht aus Eisen — mit weißem Papier überkleidet, das die bekannte Gradeinteilung trägt. Diese Scheibe wurde mit ihrem Zapfen *Z*, Dicke 1,5 cm, in ein nur wenig weiteres, ziemlich dickes Messingrohr eingesetzt, das seinerseits wieder in einem wenig weiteren Rohr drehbar und verschiebbar ist und mit Schrauben in passender Höhe festgeklemmt werden kann. Das äußere Rohr ist in einen massigen breiten Holzfuß fest eingefügt, der gegebenenfalls noch mit Stellschrauben versehen werden kann. Über dem Holzfuß dreht sich ein in der Mitte scheibenförmig erweiterter Holzbalken *B*, für dessen gleichmäßig horizontale Drehung kleine Führungsstifte am äußeren Messingzylinder sorgen. Dieser Balken mit den auf- und abschiebbaren Trägern *TT* hält die Schutzröhre *R* und gestattet zugleich, dieselbe jeder beliebigen Stellung der Drehwage anzupassen, wobei ein Zeiger *Z*, längs eines Trägers verschiebbar, eine bestimmte Einstellung auf der Einteilung der Scheibe angibt. Die Scheibe trägt zwei Messingstifte *SS* von geringer Höhe (2 cm), die zum Aufsetzen der auf der Unterseite mit Löchern versehenen und etwas abgeflachten Bleimassen *MM*, je 3300 g, dienen. Diese Bleimassen kann man selbst gießen. Bleiabfälle sind leicht zu beschaffen, ebenso eine Halbkugelform, mit der man vier Halbkugeln herstellt, die dann zu zwei und zwei aufeinander gelegt werden. Der Apparat wird, ohne aufgesetzte Massen *MM*, zusammengestellt, der Balken der Drehwage in die Messingröhre eingeschoben und das untere Stäbchen *b* fest eingeschraubt. Dabei achte man schon jetzt darauf, daß der Spiegel auf dem später einzusetzenden Stäbchen *a* parallel zur Längsachse des Rohres *RR* zu liegen kommen muß. So eingerichtet schiebt man das Ganze unter den Aufhängedraht, zieht die Hülse *H* empor, senkt das Spiegelchen hinein und klemmt *a* im Schlitz von *b* fest. Der Spiegel muß natürlich bei vollständig herabgezogenem *H* durch das Loch sichtbar werden. Hängt die Drehwage nicht in der Mitte von *R*, so muß die Tragvorrichtung durch Heben oder Senken von *TT* entsprechend eingestellt werden, wie auch die Scheibe in eine solche Höhe zu bringen ist, daß die Mittelpunkte der Massen *M* und *m* in einer Horizontalen liegen. Nun beginnt das Drehen des Holzbalkens *B*, um *R* in eine solche Lage zu bringen, daß *mm* gerade in seine Achse zu liegen kommen, eine Arbeit, die das erstemal leicht eine halbe Stunde lang dauern kann, da die Schwingungen der Drehwage sehr langsam erfolgen. Ist aber einmal die richtige Stellung erreicht, so wird eine entsprechende Bezeichnung der Stellung des Holzfußes und des Balkens *B* dieselbe jederzeit leicht auffinden lassen.

Der Apparat ist jetzt zur Durchführung des Experimentes bereit. Es werden die Massen *MM* aufgesetzt, durch Drehen der Scheibe in die Stellung 11 gebracht und durch die Lichtquelle (Entfernung ziemlich groß wählen, mindestens 1 m) der Zeiger auf einer möglichst weit entfernten Einteilung entworfen. Da die Drehwage nie vollkommen ruhig ist, müssen drei Umkehrpunkte des Lichtzeigers abgelesen werden, *a*, *b*, *c*, und seine Ruhelage ergibt sich mit $\frac{1}{2} \left(\frac{a+b}{2} + \frac{b+c}{2} \right)$ (WEINHOLD, S. 132). Weil die Dämpfung der Schwingungen eine recht geringe ist, wird eine genauere Ermittlung der Ruhelage kaum notwendig sein. Dasselbe geschieht, wenn die Massen *MM* in die Stellung 22 gebracht werden. Die Ablesung muß auf Millimeter genau durchgeführt werden; dies geschieht am besten, wenn man nicht die Zeigermitte, sondern den linken oder rechten, möglichst scharf abgebildeten Rand beobachtet. Aus den berechneten zwei Ruhelagen ergibt sich als arithmetisches Mittel die Stellung des Zeigers, wenn die Massen *MM* in die Lage 33 gedreht werden. Die Dauer einer ganzen Schwingung der Drehwage wird gefunden, indem man, bei der Stellung von *MM* in 33, die Zeit ermittelt, die zwischen zwei aufeinanderfolgenden Durchgängen im selben Sinne durch die Mittellage verstreicht. Die rech-

nerische Auswertung des Versuches kann in derselben Weise erfolgen, wie sie WEINHOLD beschreibt, oder es kann die Masse des Glasstäbchens vernachlässigt und wegen der verhältnismäßig großen Entfernungen immer nur die Wirkung einer Masse M auf die unmittelbar benachbarte m berücksichtigt werden. Die begangenen Fehler gleichen sich zum Teile aus und können das Ergebnis nur um wenige Prozente beeinflussen. Wenn man außerdem ein näheres Eingehen auf das Drehmoment des tordierten Drahtes vermeiden will, kann die Aufgabe in folgender Weise durchgeführt werden:

| | | |
|--|--|-----|
| Dauer einer einfachen Schwingung | 140 sec | T |
| Abstand der Massen M und m | 6,35 cm | r |
| Abstand der Massen m vom Aufhängepunkt | 10 cm | l |
| Abstand der Skala vom Apparat | 382 cm | d |
| Stand des Lichtzeigers bei der Stellung 11 | 48,4 cm | |
| Stand des Lichtzeigers bei der Stellung 22 | 50,0 cm | |
| Differenz | 1,6 cm | |
| Abstand des Lichtzeigers von der Mittellage | 0,8 cm | |
| Davon die Hälfte wegen der Reflexion | 0,4 cm | a |
| Die Massen M und m betragen | 3300 g und 12 g | |
| Die Masse von 12 g im Abstände 10 cm wird aus der Mittellage gedreht um | $10 \cdot \frac{0,4}{382} = 0,011$ cm. | |

Wir vergleichen diese Ablenkung mit der eines mathematischen Pendels von der Masse 12 g und der Schwingungsdauer 140 Sekunden um denselben Betrag, das ist um 0,011 cm aus der Ruhelage. Dieses Pendel hat eine Länge von $140^2 = 19600$ m, genauer $0,994 \cdot 140^2 = 19482$ m = 1948200 cm. Die Kraft, welche im Abstände von 0,011 cm von der Mittellage auf die Masse dieses Pendels wirkt, ist $12 \cdot \frac{0,011}{1948200} = 12 \cdot 0,00000000565$ g-Gewicht oder $12 \cdot 5,65 \cdot 10^{-9}$ g-Gewicht. Es wirkt also auch in unserem Falle

die Masse 3300 g auf die Masse 12 g im Abstände 6,35 cm mit $12 \cdot 5,65 \cdot 10^{-9}$ g-Gew.
daher die Masse 3300 g auf die Masse 1 g im Abstände 6,35 cm mit $5,65 \cdot 10^{-9}$ g-Gew.
daher die Masse 1 g auf die Masse 1 g im Abstände 6,35 cm mit $1,7 \cdot 10^{-12}$ g-Gew.
daher die Masse 1 g auf die Masse 1 g im Abstand 1 cm mit $1,7 \cdot 10^{-12} \cdot 6,35^2$ g-Gew.
das ist $6,8 \cdot 10^{-11}$ g-Gewicht oder $6,7 \cdot 10^{-8}$ dyn.

Allgemein: Die Gravitationskonstante $G = \frac{almr^2g}{dMm\left(\frac{T^2g}{\pi^2}\right)}$ dyn, weil $\frac{T^2}{\pi^2} \cdot g$ die Länge

des Pendels von der Schwingungsdauer T darstellt. Daß diese Rechnung richtig ist, zeigt folgende Überlegung. Für die Dauer einer einfachen Schwingung der Dreh-

wage gilt die Gleichung $T = \pi \sqrt{\frac{\mathfrak{Z}}{D}}$, wo \mathfrak{Z} das Beharrungsmoment und D das Drehmoment für eine Verdrehung des Aufhänge drahtes um den Winkel 1 im Bogenmaß

ist. Daraus folgt $D = \frac{\pi^2}{T^2} \cdot \mathfrak{Z}$. Der Winkel, um welchen in unserem Falle der Draht

gedrillt wurde, ist im Bogenmaß gegeben durch $\frac{a}{d}$, daher das Drehmoment $D' =$

$\frac{\pi^2}{T^2} \cdot \mathfrak{Z} \cdot \frac{a}{d}$. Andererseits gewinnen wir unter Anwendung des Gravitationsgesetzes

$f = G \cdot \frac{Mm}{r^2}$ das Drehmoment $D' = 2fl = 2G \frac{Mml}{r^2}$, und wenn beide Ausdrücke

einander gleich gesetzt werden

$$2G \frac{Mml}{r^2} = \frac{\pi^2}{T^2} \mathfrak{Z} \frac{a}{d} \qquad G = \frac{\pi^2 ar^2 \mathfrak{Z}}{2Mml d T^2}$$

Wenn wir noch \mathcal{Z} unter Vernachlässigung des leichten Wagebalkens ersetzen durch $2 ml^2$ ist

$$G = \frac{\pi^2 a l m r^2}{d M m T^2}$$

das ist dasselbe wie oben.

Es ist von Interesse, daß bei der Annahme eines gewichtslosen Wagebalkens ll die Masse m im Zähler und Nenner erscheint, also ihre Wahl gleichgültig wäre (Vergleich mit der Tangentenbussole), wenn nicht bei den tatsächlichen Verhältnissen die Notwendigkeit eines bedeutenden Überwiegens gegenüber der Masse des Trägers sich ergeben würde. Es erschien mir vorteilhafter, Zähler und Nenner nicht durch m zu dividieren, weil sonst die Klarheit der Darstellung litte. Der Abstand Mm wurde absichtlich mit 6,35 cm gewählt, um die Berechnung der Erdmasse leicht durchführen zu können. Es wirkt nach dem Obigen die Masse von 3300 g auf die Masse 1 g im Abstände 6,35 cm mit der Kraft $5,65 \cdot 10^{-9}$ g-Gewicht. Diese Zahl ist in 1 g-Gewicht $1,77 \cdot 10^8$ mal enthalten. Um also auf die Masse 1 g die Kraft 1 g-Gewicht auszuüben, müßte im Abstände 6,35 cm eine Masse von $3300 \cdot 1,77 \cdot 10^8$ g-Massen, das ist $5,8 \cdot 10^{11}$ g-Massen vereinigt sein. Um dieselbe Wirkung im Abstände des Erdhalbmessers = 6370 km = $6,37 \cdot 10^8$ cm zu erzielen, ist eine Masse notwendig von $5,8 \cdot 10^{11} \cdot 10^{16}$, das sind $5,8 \cdot 10^{27}$ g-Massen.

Es wurde schon gesagt, daß der Apparat, nach den Anforderungen gemessen, die man an einen Schulversuch stellt, gute Resultate liefert. Es wurde damit eine Reihe von etwa 40 Versuchen angestellt, wobei der Abstand der Mittellagen des Lichtzeigers, der in der vorausgegangenen Berechnung mit 1,6 cm angenommen wurde, immer zwischen 1,5 cm und 1,7 cm lag. Es ist nur notwendig, daß während der Zeit der Beobachtung im Zimmer Ruhe herrscht, daß die Temperatur nicht wesentlich schwankt, jeder Luftzug vermieden wird, daß der Beobachter dem Apparat nicht zu nahe kommt und, wenn dies unbedingt notwendig ist, wie beim Drehen der Massen MM aus der Stellung 11 in die Stellung 22, die Annäherung und Entfernung möglichst langsam und in der Längsrichtung des Rohres R erfolgt. Ein Einfluß der draußen vorbeiführenden Straßenbahn konnte nicht festgestellt werden — das schwache Zittern des Lichtzeigers, das dabei manchmal beobachtet wurde, hatte seinen Grund in einer zitternden Bewegung der Lichtquelle. Fast alle Versuche wurden angestellt, wenn der Raum über dem Physiksaal leer war. Nur zweimal wurde auch unter diesem erschwerenden Umstände die Beobachtung vorgenommen. Einmal ergab sich das normale Resultat, ein zweites Mal aber war die Ablenkung um etwa 50 Prozent zu groß. Es ist also in diesem Falle mit der Möglichkeit von Störungen zu rechnen. Störungen elektrischer Natur zeigen sich leicht, wenn man vergißt, einen der beiden Einsätze E in die Röhre zu schieben, man bekommt dann oft bedeutend größere Ablenkungen. Wenn unmittelbar nach der ersten Zusammenstellung der Versuchsanordnung zu große Ausschläge beobachtet werden, wie es bei mir der Fall war, möge man sich nicht abschrecken lassen. Es ist leicht möglich, daß durch das bloße Berühren mit der Hand in den Kugeln mm schwache elektrische Ladungen entstehen. Nach etwa ein bis zwei Tagen zeigt sich keine störende Wirkung mehr. Nach der Benützung wird das Stäbchen a mit dem Spiegel wieder herausgenommen und an einem Haken an der Wand aufgehängt. Den Apparat selbst in Saale zu belassen halte ich nicht für rätlich, da bei Versuchen mit hochgespannter Elektrizität sich leicht Ladungen in demselben einnisten könnten, wie auch solche Versuche zur Zeit seiner Benützung nicht ausgeführt werden dürfen.

Nachtrag. Bei zwei weiteren Versuchsreihen mit neuen Aufhängedrähten, von sonst gleicher Beschaffenheit wie der ursprüngliche, zeigte sich durch eine Reihe von Tagen ein langsames, gleichförmiges Wandern des Lichtzeigers in derselben

Richtung, wohl eine Art elastischer Nachwirkung, die der zuerst gewählte Draht merkwürdigerweise nicht aufwies. Die Wirkung dieser unangenehmen Begleiterscheinung läßt sich in folgender Weise ausscheiden: Die Stellung 11 gibt die Umkehrpunkte a, b, c . Gleich nach der dritten Ablesung werden die Bleikugeln in die Stellung 22 gedreht und die Punkte a', b', c' abgelesen. Sofort stellt man wieder die Lage 11 her und erhält a'', b'', c'' . Wird nun aus den Mitteln, die sich aus a, b, c bzw. a'', b'', c'' ergeben, wieder das arithmetische Mittel genommen, so ist der Erfolg der gleiche, als ob man für die Stellung 11 sowie für die Stellung 22 gleichzeitig abgelesen hätte und die störende Nebenerscheinung ist ausgeschaltet. Die Ergebnisse der zwei Versuchsreihen waren dann auch durchaus befriedigend.

Über einige einfache physikalische Schulversuche.

Von Dr. Karl Rosenberg, Hofrat und Landesschulinspektor in Graz.

1. Kohlenelektroden zu galvanischen Versuchen.

Im 24. Jahrgange dieser Zeitschrift (1911, S. 295 u. 296) empfiehlt Dr. FRANZ ZIMMERMANN für Versuche über Elektrolyse und über galvanische Polarisation die Benutzung von Kohlenplatten, wie sie in galvanischen Elementen und Tauchbatterien verwendet werden, als Elektroden. Bei dem wohl noch einige Zeit hindurch zu gewärtigenden Mangel an Rohstoffen wird es vielleicht nicht ohne Wert sein, darauf aufmerksam zu machen, daß auch Kohlenstäbe (Reststücke von Bogenlichtkohlen, die sonst weggeworfen werden) zu den von Dr. ZIMMERMANN a. a. O. beschriebenen und im nachfolgenden kurz angedeuteten Versuchen vorzüglich geeignet erscheinen. Eine Zersetzungszelle einfachster Art zeigt Fig. 1. Sie besteht aus einem kleinen bis mittelgroßen Becherglase, in dessen Flüssigkeitsinhalt zwei Kohlenstäbe eintauchen.

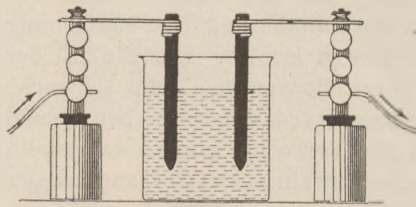


Fig. 1.

Letztere sind an dem einen Ende mit Drahtspiralen aus etwa 2 mm starkem, straff herumgewickelm Kupferdraht versehen, dessen waagrecht geführte Endstücke in Holzischen Fußklemmen befestigt werden. Damit die Kohlenstäbe sicher in den Drahtspiralen haften bleiben, zieht man sie nach dem Umwickeln zunächst noch einmal aus den Spiralen heraus und verschiebt deren mittlere Windungen etwas zur Seite; die Kohlenstäbe stecken dann fest in den Spiralen

und es ergibt sich an den Berührungsstellen ein sehr zuverlässiger Kontakt. Der Grundversuch über galvanische Polarisation gelingt unter Verwendung von Starkstrom als Ladestrom ungleich besser als mit einer Platinelektroden enthaltenden Zersetzungszelle (Wasserzersetzungsgalvanometer, Knallgasvoltmeter u. dgl.). Offenbar begünstigt die Rauigkeit und Porosität der Kohleelektroden ein reichlicheres Haften der ausgeschiedenen Gasbläschen. Benützt man eine der beiden bekannten Schaltungsweisen, die ich auch in meinem Experimentierbuche näher beschrieben habe¹⁾, so ist es nicht nötig, die Empfindlichkeit des verwendeten Galvanometers durch einen Nebenschluß für den Ladestrom zu vermindern. Man benützt vielmehr sowohl für den Ladestrom wie für den Polarisationstrom dasselbe ziemlich unempfindliche Instrument, vielleicht geradezu ein Demonstrationsamperemeter. Der Polarisationsstrom ist sogar kräftig genug, um auch eine leicht ansprechende elektrische Klingel einige Zeit hindurch in Funktion

¹⁾ Für die Unterstufe ist die im 1. Bande, 3. Aufl., S. 286, Fig. 232 (4. Aufl. S. 330, Fig. 232) beschriebene Versuchsanordnung der leichteren Überblickbarkeit wegen vorzuziehen, während für die Oberstufe jene Methode, die einen Morsetaster als Umschalter verwendet (2. Band, 3. Aufl., S. 328, Fig. 370), bestens empfohlen werden kann.

zu setzen. Nur würde ich empfehlen, bei Verwendung eines Morsetasters als Umschalter und bei Benützung des Starkstromes als Ladestrom die Regulierschraube des Tasters soweit zurückzudrehen, daß der beim Niederdrücken des Tasters an der Öffnungsstelle sich ergebende kleine Lichtbogen sogleich abreißt, da sonst der Taster Schaden nehmen könnte. — Auch der schöne und lehrreiche Versuch, den Dr. FRIEDR. C. G. MÜLLER (Technik des phys. Unterrichts, S. 293; mein Experimentierbuch, 2. Band, 3. Aufl., S. 330, Fig. 372) über Polarisation angegeben hat, gelingt vorzüglich mit einer Zersetzungszelle, in die drei Kohlenstäbe (sie seien mit 1, 2 u. 3 bezeichnet) eintauchen. Für die Ladung tritt der Starkstrom bei der Elektrode 1 ein, bei 2 aus. Nach kurzer Ladung verbindet man (am bequemsten wieder unter Benützung eines Morsetasters) die Kathode 2 mit der bisher unbenützten und daher keine Gashülle tragenden „Nebenelektrode“ 3. Es zeigt sich, daß die mit Wasserstoff beladene Elektrode gegenüber der indifferenten Elektrode elektronegativer ist. — Füllt man das Becherglas mit Zinksulfatlösung (auch die ausgebrauchte Säure eines zur Wasserstoffentwicklung verwendeten Kippschen Apparates genügt), so scheidet sich an dem als Kathode benützten Kohlenstab metallisches Zink aus. Nach einiger Zeit der Ladung bilden die beiden Kohlenstäbe mit der Flüssigkeit ein Sekundärelement, durch das man eine Klingel längere Zeit betreiben kann. Der Versuch bildet ein lehrreiches und durchsichtiges Beispiel für die Umwandlung elektrischer Energie in chemische und umgekehrt. — Füllt man endlich das Becherglas mit Kupfervitriollösung, so wird nach kurzer Zeit des Stromdurchganges sich die Kathode mit hellrotem Kupfer überzogen haben. Schaltet man nun den Ladestrom in umgekehrter Richtung ein, so überzieht sich der zweite Kohlenstab mit Kupfer, während die Verkupferung des ersten Stabes aufgezehrt wird. Der Kupferüberzug der Elektroden kann nach dem Versuche durch verdünnte Salpetersäure und nachfolgendes reichliches Auswässern entfernt werden, wenn man es nicht vorzieht, die Elektroden durch neue Kohlenstäbe zu ersetzen.

2. Zur statischen Ladung von Telegraphenkabeln.

Wir verbinden zwei möglichst gleichgebaute Elektroskope¹⁾ durch einen trockenen Holzstab von etwa 1 m Länge und 2—3 mm Durchmesser. Führen wir nun dem einen Elektroskope Ladung zu, so zeigt sehr bald das zweite eine wachsende Ladung von gleicher Art. Überlassen wir den Apparat einige Zeit sich selbst, so zeigen beide Apparate schließlich gleiche Ausschläge. Der Versuch verläuft genau ebenso, wenn wir den Holzstab in eine außen gut schellackierte Glasröhre stecken²⁾, die nur die beiden Enden des Holzstabes freiläßt. Nun legen wir einen rechteckigen Streifen Stanniol von etwa 10 cm Breite und 70 cm Länge auf die Tischplatte — bei Verwendung eines kürzeren Holzstabes wird auch der Stanniolstreifen entsprechend kürzer genommen — legen die Glasröhre mit dem Holzstabe parallel zur Längsrichtung auf den Stanniolstreifen und wickeln den letzteren durch Fortrollen der Glasröhre bis auf einen einige Zentimeter breiten Rest, der nun wie eine Fahne von der Glasröhre wegsteht, um diese herum. Nun verbinden wir die Elektroskope wieder durch den so vorbereiteten Stab; am bequemsten ist es, diesen mit den aus der Glasröhre hervorragenden Endteilen auf die horizontalen, in Haken endigenden Seitenarme aufzulegen, wie solche an neueren Demonstrationselektroskopen³⁾ zumeist angebracht sind. Eine neuerliche Wiederholung des Versuches läßt vorläufig noch

¹⁾ Meine Demonstrationselektroskope mit Seidenpapierröhrchen (diese Zeitschr. 18, 1905, 354) sowie die von mir verbesserten Gabelelektroskope (diese Zeitschr. 29, 1916, 285) sind zu dem Versuche besonders geeignet.

²⁾ Vgl. meinen Aufsatz „Zur Strömung der Elektrizität in Halbleitern“, diese Zeitschr. 31, 1918, 173.

³⁾ Außer den in Fußnote 1 erwähnten Apparaten sind auch die bekannten Kolbeschen Elektroskope (Kolbe, Einführung in die Elektrizitätslehre I. Bd. Fig. 4) mit diesen Seitenarmen versehen.

immer keinen nennenswerten Unterschied wahrnehmen. Erden wir jedoch die Stanniolhülle, so können wir nun dem ersten Elektroskope sehr beträchtliche Ladungsmengen zuführen (sogar von einer kleinen Influenzmaschine), um schließlich doch nur unbeträchtliche Ausschläge an den Elektroskopen zu erreichen. Wenn wir aber hierauf die Stanniolhülle ablösen — am besten, indem wir den frei herabhängenden Endteil mit Daumen und Zeigefinger beider Hände anfassen und leicht nach unten ziehen, so daß sich die Röhre mit dem Stabe in ihren hakenförmigen Lagern dreht, so steigert sich der Ausschlag der Pendel zu sehr beträchtlicher Größe. Der einfache Versuch veranschaulicht in sehr sinnenfälliger Weise die statische Ladung eines Telegraphenkabels¹⁾, die mit zu den bedeutenden Schwierigkeiten gehört, welche die Kabeltelegraphie zu überwinden hatte.

3. Abhängigkeit des Leitungswiderstandes von Flüssigkeiten von der Temperatur.

In Ermangelung der von WEINHOLD zu diesem Versuche beschriebenen Vorrichtung (Phys. Dem., 4. Aufl., S. 786, Fig. 515) läßt sich mit völlig zufriedenstellendem Erfolge eine etwas weitere Proberöhre verwenden, die nach Fig. 2 hergerichtet wird. Der gut weichgemachte Kork erhält in der Mitte eine Bohrung (zum Entweichen von Gasen). Ferner werden durch den Kork zwei etwa $1\frac{1}{2}$ —2 mm dicke Kupferdrähte

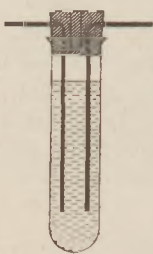


Fig. 2.

hindurchgeführt. Damit sich ihre gegenseitige Lage während des Versuches nicht ändert, erhält der Kork in der Ebene der beiden Drähte einen durch die Achse des Zylinders gelegten, etwa 5—10 mm tief hinabgehenden Einschnitt. Indem man dann jeden der beiden Drähte unter einem rechten Winkel so abbiegt, daß sich der umgelegte Teil in den vorerwähnten Spalteinschnitt hineinzwängt, ist die gegenseitige Stellung der beiden Drähte im Innern der Röhre völlig fixiert. An die waagrechten Endteile der Drähte werden Doppelklemmen angesteckt, die Proberöhre mit Kupfervitriollösung gefüllt und sodann mit einer Stromquelle und einem Galvanometer in Serie geschaltet; die Empfindlichkeit des Galvanometers wird dabei so reguliert, daß man einen Ausschlag von passender Größe erhält. Erwärmt man nun den Inhalt der in einem Ständer entsprechend befestigten Proberöhre durch gelindes Bestreichen mit der Flamme eines Bunsenbrenners, so läßt der wachsende Ausschlag des Galvanometers eine Verminderung des Flüssigkeitswiderstandes erkennen. Durch Eintauchen der Proberöhre in ein Glas mit kaltem Wasser läßt sich die Flüssigkeit ziemlich rasch wieder abkühlen und der frühere Galvanometerstand herstellen. Die dabei möglicherweise eintretenden thermoelektrischen Begleiterscheinungen sind von zu geringer Stärke, um das Gelingen des Versuches zu stören.

4. Zur Elektrolyse der verdünnten Schwefelsäure.

Mit dem bekannten Hofmannschen Apparate habe ich während meiner lehramtlichen Tätigkeit zweimal merkwürdige Überraschungen erlebt, über die ich heute lächeln muß, die mir aber damals, da sie den jungen Lehrer vor der Klasse in Verlegenheit setzten, gar nicht angenehm waren. Das einmal bemerkte ich, daß die Gasentwicklung auffallend schwach war, obwohl ich mich sicher glaubte, unter genau denselben Verhältnissen wie immer zu arbeiten; ich entnahm ja doch den Strom aus der Lichtleitung unter Vorschaltung von früher genau ermittelten und notierten Widerständen. Da sich nach wenigen Minuten auch noch die Kathode geschwärzt hatte und dort baumförmige metallische Ausscheidungen auftraten, war mir freilich sofort

¹⁾ WERNER v. SIEMENS, dem man bekanntlich die Entdeckung dieser wichtigen Tatsache verdankt, gab daher in sehr zutreffender Weise dem Kabel den Namen „Flaschendraht“. (ARTUR FÜRST, WERNER v. SIEMENS, S. 65.)

klar, daß mein sonst so verlässlicher Laboratoriumsdiener, der doch das Füllen des Apparates schon wiederholt besorgt hatte, diesmal einen Mißgriff getan haben mußte. Und so war es auch; die betreffende Säure war wiederholt in einer Smeebatterie verwendet worden und enthielt daher reichlich Zinkvitriol. Von da ab habe ich mir den Apparat immer selbst, und zwar mit frisch bereiteter Säurelösung, gefüllt. Aber der boshafte Kobold, der in dem so harmlos erscheinenden Dinge zu stecken schien, hat mir einige Jahre später einen noch viel unangenehmeren Schabernak gespielt. Damals ging die Gasentwicklung sofort sehr flott vonstatten. Aber schon nach wenigen Sekunden fiel mir auf, daß die Menge des ausgeschiedenen Wasserstoffs kaum etwas größer war als jene des Sauerstoffs. Da ich zunächst an einen Mangel in der Füllung der Gas auffangröhren dachte, schaltete ich den Strom aus, ließ die ausgeschiedenen Gase abströmen und begann den Versuch von neuem. Wieder mit demselben Mißerfolge! Denn nach einigen Minuten war die Wasserstoffmenge wieder kaum größer als die Sauerstoffmenge. Da stand ich nun einem Rätsel gegenüber. In dem unangenehmen Gefühle, das sich zur Hälfte aus Verlegenheit, eine befriedigende Lösung zu finden, und zur Hälfte aus Ärger über dieses heimtückische Verhalten der Natur dem Experimentator gegenüber zusammensetzte, öffnete ich den Strom. Und nun wollte ich erst recht meinen Augen nicht trauen! Die Gasentwicklung ging — allerdings nur in der Wasserstoff enthaltenden Röhre — ganz flott weiter. In meiner wachsenden Verlegenheit begann ich an alles Mögliche und Unmögliche zu denken. Ich löste schließlich die Zuleitungsdrähte vom Apparate los. Aber auch in dem nunmehr von jeder Stromquelle abgetrennten Apparate hörte die Wasserstoffentwicklung nicht auf. Da ich mir nun sagen mußte, daß der Wasserstoff jetzt nur aus dem Platinbleche herauskommen könne, kam mir blitzartig die Erleuchtung. Einige Monate zuvor war der Apparat in der Nähe der einen Elektrode zerbrochen worden. Unser vorzüglicher Glaskünstler hatte dieses Gebrechen wunderschön ausgeheilt, dabei offenbar die Platinelektrode stark ausgeglüht und dadurch zur Okklusion des Wasserstoffs besonders vorbereitet. Tatsächlich dauerte die Wasserstoffentwicklung, allerdings immer schwächer werdend, noch stundenlang an; nach dem Aufhören war auch das richtige Volumverhältnis der beiden Gase so genau vorhanden, als man es bei diesem Versuche überhaupt bekommen kann. — Ich habe aus diesen Vorfällen die weise Lehre gezogen, daß man als Experimentator der lieben Natur immer das denkbar größte Mißtrauen entgegenbringen müsse. Die „Tücke des Objektes“ ist mehr als unberechenbar. Ich wurde endlich so argwöhnisch, daß ich jeden — auch den einfachsten — Versuch, wenn ich ihn auch noch so oft mit vollständigem Gelingen ausgeführt hatte, nach endgültiger Zusammenstellung auf dem Experimentiertische im letzten Augenblicke nochmals für mich ausprobierte. Hätte ich damals vor der Stunde nur auf eine Minute den Strom geschlossen, so würde ich das „ordnungswidrige Verhalten“ des Apparates noch rechtzeitig bemerkt haben und es wäre mir eine peinliche Situation vor der Klasse erspart geblieben.

5. Ein Versuch über den Nachhall in geschlossenen Räumen.

Hofrat SIEGMUND EXNER hat einen Apparat konstruiert, dem er den Namen „Akustometer“ gab und der zu Messungen über den Nachhall in Kirchen, Konzertsälen und dgl. dienen soll¹⁾. Dem Apparate liegt folgender Versuch zugrunde, der sich mit den einfachsten Mitteln ausstellen läßt. Eine Leidener Batterie (oder eine größere Leidener Flasche) wird möglichst stark geladen. Man läßt nun die Schüler die Ohren zuhalten, nachdem man sie zuvor angewiesen hat, sie sogleich nach dem Sichtbarwerden des Entladungsfunkens, jedoch ohne Übereilung zu öffnen. Geschieht das Öffnen der Ohren im richtigen Momente nach der Entladung der

¹⁾ Vierteljahrsberichte des Wiener Vereins zur Förderung des physikalischen und chemischen Unterrichtes, 10. Jahrgang (1905), S. 23.

Batterie (nach $\frac{1}{4}$ bis $\frac{1}{2}$ Sekunde, je nach der Größe des betreffenden Beobachtungsraumes), so hört man einen Knall, als ob die Batterie eben erst entladen worden wäre; man hört aber in Wirklichkeit nur den Nachhall, der sich somit als weit stärker und länger andauernd erweist, als man gewöhnlich anzunehmen pflegt. Er verlängert bei gewöhnlicher Beobachtungsweise nur den ursprünglichen Schalleindruck und wird wahrscheinlich, da er doch wesentlich schwächer ist als der ursprüngliche Schall, von dem übermüdeten Gehörapparat überhaupt nicht genügend deutlich wahrgenommen. (Zum Vergleiche: Nach einer Magnesiumblitzlichtaufnahme sind unsere Augen derart geblendet und übermüdet, daß wir schwach leuchtende Gegenstände fast gar nicht sehen.)

6. Die Saugwirkung eines Luftstrahles.

Wenn ich mit meinen Schülern auf der Oberstufe das Reflexionsgesetz der Optik und den Planspiegel behandelt hatte, machte ich mir immer das Vergnügen, einen begabten, aber vielleicht vorschnell urteilenden Schüler zu folgendem Versuch heranzuziehen. Man stellt einen Planspiegel vertikal auf (in Fig. 3 erscheint er von oben gesehen durch ss' dargestellt) und bringt etwa 10—15 cm vor demselben (nach K)

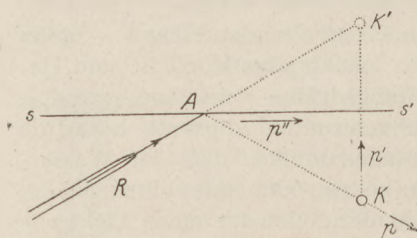


Fig. 3.

eine brennende Kerze. Dann richtet man an den Schüler die Frage, was wohl geschehen dürfte, wenn man durch eine wagerecht in der Höhe der Kerzenflamme gehaltene Röhre (R) einen kräftigen Luftstrahl in der Richtung nach dem Spiegelbilde der Kerzenflamme (K') blasen würde. Man kann 100 gegen 1 wetten, daß der Schüler sagen wird: „die Flamme wird in der Richtung vom Auftreffpunkte A zur Kerzenflamme K (also in der Richtung des Pfeiles p) vom Spiegel fortgeblasen werden“.

Läßt man nun den Versuch wirklich anstellen, so wird die Flamme überraschenderweise nicht vom Spiegel weggeblasen; sie flackert vielmehr deutlich in der Richtung des Pfeiles p' zum Spiegel hin. Die Erklärung findet der Schüler leicht, wenn man ihn zunächst darüber befragt, wie sich ein in derselben Richtung ($R A$) gegen den Spiegel gerichteter Wasserstrahl nach dem Auftreffen verhalten dürfte. Er würde — abgesehen von wenigen wegspritzenden Tropfen — sich auf der Spiegelfläche ausbreiten und in der Richtung des Pfeiles p'' abfließen. Dasselbe gilt von dem Luftstrahle. Bei der raschen Bewegung der Luftteilchen in der Richtung p'' wird ein Teil der umgebenden Luftteilchen mitgerissen; es entsteht an der Spiegelfläche eine Saugwirkung, derzufolge die seitlichen Luftteilchen zum Spiegel hinströmen, was die in der Richtung p' zum Spiegel hinflackernde Kerzenflamme uns sichtbar macht.

7. Zur Fluoreszenz des Uranglases oder einer Fluoreszeinlösung.

Um zu zeigen, daß diese fluoreszierenden Substanzen die stärker brechbaren (blauen, violetten, ultravioletten) Strahlen in minder brechbare (gelbgrüne) umwandeln, verschiebt man gewöhnlich einen Würfel aus Uranglas oder ein mit Fluoreszeinlösung gefülltes Fläschchen durch ein objektiv entworfenes, möglichst helles Spektrum vom Rot bis zum Violett und darüber hinaus. Während im roten und gelben Licht die Fluoreszenz gänzlich verschwindet, wird sie im stärker abgelenkten Teile des Spektrums immer lebhafter. Diese Erscheinung kann aber nur dann hinlänglich deutlich hervortreten, wenn man vermeidet, daß von dem lichtauffangenden Schirme eine größere Lichtmenge zurückgeworfen wird und durch den fluoreszierenden Körper hindurch geht. Man muß daher das Spektrum auf einer dunklen und rauen Fläche — schwarzer Filz, schwarzes Tuch, mattschwarzer Papierschirm — auffangen. Der Umstand, daß dieser — natürlich schon seit langer Zeit bekannte — Kunstgriff nicht selten vergessen wird, möge es rechtfertigen, wenn hier wieder daran erinnert wird.

8. Farben dünner Blättchen.

Dr. W. VOLKMANN beschreibt in seiner „Anleitung zu den wichtigsten physikalischen Schulversuchen“ folgenden ebenso einfachen wie schönen Versuch. In einiger Entfernung vom Kondensator eines Projektionsapparates bringt man einen etwa 4 cm im Durchmesser haltenden, kreisrunden Ring aus 1—2 mm starkem Drahte an. Der Ring ist nach oben hin mit einem Stiele versehen (Fig. 4), der durch einen Kork hindurchgeht und oberhalb seitlich abgelenkt ist; mittels des so entstehenden Griffes kann der Ring um seinen vertikalen Durchmesser gedreht werden. Der Kork wird dazu in einem Ständer eingeklemmt. Man entwirft nun (Fig. 5) von dem Ringe r , dessen Ebene anfänglich parallel zur Fläche der Kondensatorlinsen K steht, mittels des Objektivs o ein scharfes Bild in der Richtung nach x . Nun bringt man von unten Seifenlösung an den Ring. Am bequemsten geschieht dies, indem man eine Leyboldsche Kuvette mit der Seifenlösung füllt und sie von unten her so über den Ring schiebt, daß dieser völlig in die Seifenlösung eintaucht; beim langsamen Abwärtsbewegen der Kuvette spannt sich in dem Ringe eine Seifenhaut aus. Da nun diese Seifenhaut durch das langsame Abwärtsfließen der Flüssigkeitsteilchen in ihrem oberen Teile immer dünner wird, erscheinen im unteren Teile des Projektionsbildes bald die wagerecht verlaufenden Newtonschen Farbenstreifen, allerdings in ziemlich geringer Intensität. Dreht man nun aber den Ring langsam, bis er fast senkrecht zu seiner Anfangsstellung in die Lage r' (Fig. 5) gelangt, so werden die Farben immer lebhafter. (Über die Erklärung dieser schönen Erscheinung möge a. a. O. nachgelesen werden.) Dieser Versuch läßt sich nun noch lehrreicher gestalten, wenn man gleichzeitig auch das von der Seifenhaut in der Richtung nach y zurückgeworfene Licht durch eine Sammellinse l , die ungefähr dieselbe Brennweite hat wie das Objektiv o , hindurchgehen läßt und diese Linse so lange verschiebt, bis auf einem zweiten, seitlich aufgestellten Schirme wieder ein scharfes Bild des Ringes mit der Seifenlamelle entsteht. Auch in diesem zweiten Bilde treten die Newtonschen Farben auf; bei Vergleichung beider Bilder sieht man aber, daß die Farben an korrespondierenden Stellen beider Bilder komplementär sind.

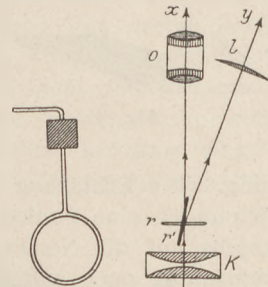


Fig. 4.

Fig. 5.

9. Ein Versuch aus der physiologischen Optik.

Im zweiten Bande meines Experimentierbuches habe ich auf S. 471 (Fig. 534) einen freihändig mit einer Stecknadel und einer Visitenkarte ausführbaren Versuch beschrieben, dessen ursprünglichen Autor ich damals nicht anzugeben wußte. Nachträglich fand ich dann in dem Buche „Physikalische Apparate und Versuche aus dem Schäffermuseum“ (von H. BOHN, Berlin, Salle 1902) auf S. 80 unter 210 eine einfache Vorrichtung unter dem Namen des „Locatschen Apparates“ beschrieben, mit welcher der erwähnte Freihandversuch — besonders für Schüler — leichter ausführbar sein dürfte. Die Vorrichtung ist (in noch weitergehender Vereinfachung) in Fig. 6 dargestellt. Ein rechteckiger Streifen aus Pappe, womöglich beiderseits geschwärzt, von 4 cm Breite und 15 cm Länge wird nach Fig. 6 so gebogen, daß an den Enden eines 7 cm langen, wagerecht zu haltenden Mittelteiles zwei Quadrate von je 4 cm Höhe rechtwinklig um 90° emporgeklappt sind. In der Mitte des vorderen Quadrates ist mit einem scharfen Korkbohrer eine kreisrunde Öffnung von 8 mm Durchmesser ausgeschnitten, hinter der ein Stück einer abgebrochenen Stecknadel mit Picein so angeklebt ist, daß der Stecknadelkopf gerade in die Mitte der Öffnung zu liegen kommt. In die Mitte der gegenüberliegenden Quadratfläche wird mit einer groben Nadel entweder eine einzige Öffnung gestochen oder es werden fünf solcher Öffnungen in

Kreuzesform angebracht (Fig. 6). Die Nadelstiche sollen möglichst scharf begrenzt sein und soll die Entfernung zweier gegenüberliegenden Eckpunkte etwa 8 mm betragen. Hält man nun die kleine Vorrichtung so unmittelbar vor das Auge, daß der Stecknadelkopf gerade vor der Pupillenmitte liegt und richtet die Achse des Apparates gegen den hellen Himmel oder gegen eine weiße, hellbeleuchtete Fläche, so sieht man

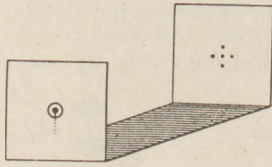


Fig. 6.

die Nadel, da sie zu nahe am Auge liegt, gar nicht. Dagegen erscheint in jeder der kleinen Öffnungen ein umgekehrtes Schattenbild der Nadel. Bedingung für das Gelingen ist nur, daß der Nadelkopf sich tatsächlich vor der Pupillenmitte, also genau in der Augenachse befindet. Sieht man daher anfänglich die Schattenbilder nicht, so ist diese Stellung eben nicht eingehalten worden; verschiebt man das beobachtende Auge nur um wenige Millimeter nach oben, unten, seitwärts usw., so findet man rasch die richtige Stellung.

Die Erklärung der Erscheinung beruht einfach darauf, daß jede der kleinen Öffnungen eine punktförmige Lichtquelle vorstellt, die einen Schatten des Stecknadelkopfes auf die Netzhaut des Auges wirft. Indem wir nun diesen Schatten gewohnheitsmäßig nach außen projizieren, meinen wir, das Bild einer umgekehrt gehaltenen Nadel hinter der kleinen Öffnung zu sehen. Die a. a. O. beschriebene Form des Locatschen Apparates mit 36, bzw. 44 Löchern scheint mir weniger empfehlenswert als die einfache Vorrichtung, die sich jeder Schüler leicht selbst fertigen kann.

Ein Spalt-Blendenapparat zur Demonstration komplementärer Farben.

Von Dr. Alfred Wenzel in Brandenburg a. H.

P. HANCK beschrieb in dieser Zeitschrift 29, 257 (1916) einige Versuche, die die Beziehungen zwischen dem gewöhnlichen und dem komplementären Spektrum demonstrieren sollten. Er bedient sich dabei fester, aus Blech geschnittener Spalte mit darüber liegender annähernd gleich breiter Blende (Fig. 1). Mit dieser festen Spaltblende ist naturgemäß nur ein Spektrienpaar zu gewinnen, dessen Farbenreinheit von der Spaltbreite und der Dispersion des verwendeten Prismas abhängt.

Die erwähnten Versuche werden aber ungleich wirkungsvoller, wenn Spalt- und Blendenbreite gleichzeitig verstellbar sind. Dies wird mit dem im folgenden beschriebenen Apparat (Fig. 2) gut erreicht.

In Fig. 2 stellt A ein festes Blech dar von 20 cm Durchmesser, das jegliches Nebenlicht abblendet. Auf seiner Vorderseite trägt es zwei Schienen BB , in denen

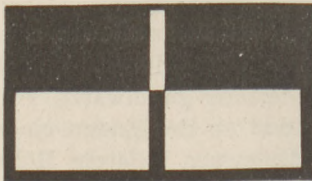


Fig. 1.

sich eine Spaltseite C bewegt, die mit der gegenüberliegenden von A den (in der Fig. weit geöffneten) 2,5 cm hohen Spalt S bildet. In den Angeln E_1 und E_2 , von denen E_1 auf A , E_2 auf C befestigt ist, ist ein 3 cm hohes Blechscharnier D drehbar, das zusammenklappt, wenn der Spalt S geschlossen, und sich ausbreitet, wenn S geöffnet wird. Die Blende D hat demnach stets annähernd gleiche Breite wie S , die nach Art der üblichen Spaltverstellung mit einer Tribschraube TT verändert wird. Die größte Spaltbreite beträgt 20 mm,

die kleinste 1 mm. Ein besonderer auf der Kehrseite angebrachter Schieber ermöglicht es, den Apparat nur als verstellbaren Spalt oder nur als verstellbare Blende zu verwenden, indem man entweder die obere oder die untere Apparahälfte abblendet.

Den ganzen Apparat kann man selbst herstellen, sofern man über eine Drehbank verfügt, auch wird er von der Firma MAX KOHL, Chemnitz angefertigt. Wie Fig. 3 zeigt, steht er auf einem Dreifuß und kann auch in die optische Bank eingesetzt werden.

Mit diesem Apparat lassen sich gleichzeitig das gewöhnliche und das komplementäre Spektrum gut objektiv in jeder Farbenreinheit übereinander demonstrieren, wenn man ihn hinter den Kondensator der Projektionslampe einschaltet und ihn durch ein Geradsichtprisma auf einem 2 m entfernten Schirm abbildet. Verstellt man die Spalt- und Blendenbreite, so läßt sich zunächst die Veränderung beider Spektren mit der Spaltbreite zeigen. Während das gewöhnliche Spektrum an Reinheit verliert, nimmt der Sättigungsgrad der Komplementärfarben zu. Daß die beiden Spektren stets komplementär sind, läßt sich leicht demonstrieren, wenn man mit einem Prisma mit kleinem brechenden Winkel, dessen Kante zum Spalt senkrecht steht, und das ca. 30 cm hinter das Geradsichtspektroskop eingeschaltet wird, das eine Spektrum auf das andere wirft. Bei jeder Spaltbreite ent-

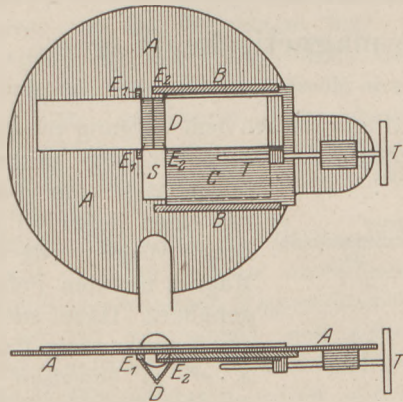


Fig. 2.

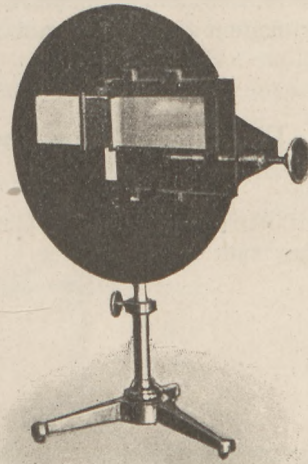


Fig. 3.

steht an der Stelle, wo beide Spektren sich überlagern, ein weißes Rechteck. Das gleiche wird auch mit einem um eine horizontale Achse drehbaren Spiegel erreicht, den man in den Strahlengang eines der beiden Spektren einführt.

Schaltet man an Stelle des Prismas eine Zylinderlinse ein, deren Achse zum Spalt parallel steht, so zeigt sich, daß sich sämtliche Farben jedes Spektrens für sich bei jeder Spaltbreite zu Weiß vereinigen lassen.

Das Wesen der Komplementärfarben läßt sich gut demonstrieren, wenn man an Stelle der Zylinderlinse einen schmalen Spalt setzt und dahinter ein Prisma von möglichst großer Dispersion aufstellt. Der Spalt verlaufe durch die Grenze beider Spektren. Bildet man nun die Spaltblende durch das Geradsichtprisma, den zweiten Spalt und das Prisma auf einem Schirm ab, so entsteht ein Spektrum, das aus zwei übereinanderliegenden Teilen besteht. Das eine Spektrum zeigt nur einen schmalen Streifen, dessen Breite der des Spaltes *S* proportional ist. Seine Farbe, die je nach der Breite beider Spalte mehr oder weniger homogen ist, variiert mit der Stellung des zweiten Spaltes im Doppelspektrum. Darunter liegt das zweite Spektrum, das alle Farben enthält; nur an der Stelle der Farbe, die im ersten allein sichtbar ist, liegt ein dunkler Streifen: Gerade diese Farbe fehlt also in dem Licht

der Komplementärfarbe. Vergrößert man die Breite des Spaltes S , so verbreitert sich der dunkle Streifen, während gleichzeitig in dem anderen Spektrum der Streifen mehrere Farben zeigt.

Erwähnt sei hier, daß es mit Ausnahme der komplementären Interferenzerscheinungen bei gekreuzten und parallelen Nicols keinen vollkommeneren Komplementarismus gibt als den zweier homologer Stellen im gewöhnlichen und komplementären Spektrum. Ihre Vereinigung ergibt bei allen Intensitäten und allen Spaltweiten das volle Weiß der Lichtquelle mit all seinen ursprünglichen Komponenten.

Deckt man mit dem Schieber den Spalt S des Apparats zu und vermindert die vertikale Ausdehnung der die Blende D einschließenden seitlichen Öffnungen auf ca. 1 cm, so läßt sich durch Drehen des Spektroskops in seiner Fassung bei breiter Blende D erläutern, wie durch Überlagerung der randlichen Spektralfarben die sog. „Kantenspektra“ mit ihren eigentümlichen Farben entstehen. Zu diesem Zweck dient die eingangs erwähnte Anordnung. Verringert man die Blendenbreite, so sieht man, wie sich die beiden Kanten-Spektra übereinanderschieben, um je nach der Blendenbreite das komplementäre Spektrum in allen Phasen von größter Reinheit bis zu geringstem Sättigungsgrad zu bilden.

Einpolige oder zweipolige magnetische Wage?

Von Prof. J. Kleiber in München.

1. Die einpolige magnetische Wage (Fig. 1). Nach dem Vorgang von GRIMSEHL benutzt man zum Nachweis des Coulombschen Gesetzes die einpolige magnetische

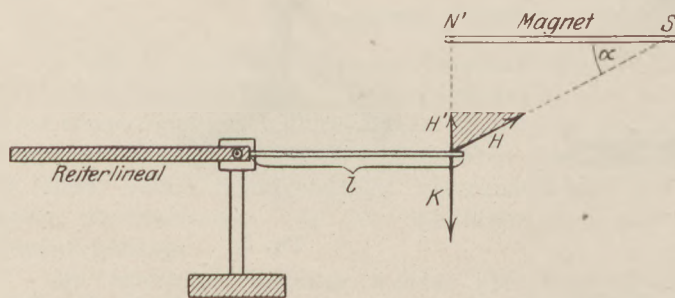


Fig. 1.

Wage, d. h. eine solche, die nur einen freien Pol N hat¹⁾. Dieser Wage werde nun ein Magnet mit den Polen $N'S'$ genähert. Dabei sucht man die Konstanz des Produktes $K \cdot r^2$ zu beweisen (K ist die Abstoßung der Pole NN' , r die Entfernung dieser Pole). Es macht sich aber eine störende Kraft H geltend: die Anziehung zwischen dem freien Pol N der Wage und

dem zweiten Pol S' des genäherten Magnets. Von dieser Kraft kommt indes nur ihre Komponente H' senkrecht zum Wagebalken in Betracht. Es ist (vgl. Fig. 1)

$$K = \frac{m \cdot m'}{r^2}, \quad H' = K \cdot \sin^3 \alpha.$$

Die wirksame Kraft \mathfrak{R} , die auf den freien Pol wirkt, ist demnach

$$\mathfrak{R} = K - H'.$$

Aus den Beobachtungen ergibt sich also statt des Produktes $K \cdot r^2$ das Produkt

$$\mathfrak{R} \cdot r^2 = (K - H') \cdot r^2 = K \cdot r^2 (1 - \sin^3 \alpha).$$

Bezeichnen wir das eigentlich gewünschte Produkt $K \cdot r^2$ mit C , so folgt

$$\mathfrak{R} \cdot r^2 = C \cdot (1 - \sin^3 \alpha).$$

Um die Größe des störenden zweiten Gliedes in dieser Formel näher zu erkennen, nehmen wir an, daß, wie dieses meistens so gewählt wird, die Entfernung r

¹⁾ In Fig. 1 ist der Buchstabe N zu ergänzen.

zwischen l (= Nadellänge) und $l/2$ sich ändern und daß ferner die Länge des genäherten Magnets gleich l sein möge. Dann liegt α zwischen 45° und $\sim 30^\circ$, also

$$\sin^3 \alpha \text{ zwischen } \frac{1}{2\sqrt{2}} \approx 0,35 \text{ und } \frac{1}{5 \cdot \sqrt{5}} \approx 0,09.$$

Der Variationsunterschied ist 0,26; daher das Ergebnis:

- a) Was man beobachtet, ist gar nicht die Konstante C , sondern eine Größe, die während des Versuchs variiert und von C um 9% bis 35% verschieden ist.
- b) Das beobachtete Produkt $\mathfrak{R} \cdot r^2$ muß auch bei guter Beobachtung um seinen Mittelwert um $\pm 13\%$ schwanken.

Freilich, wenn man den zweiten Magnet doppelt so lang macht, wie die Wagebalken-Stricknadel, was aber bei den Schülerübungen meist nicht zutrifft, so sinken die oben angegebenen Werte auf rund $1/3$ ihrer bisherigen Größe; immerhin schwanken hier die Produkte $\mathfrak{R} \cdot r^2$ (gradatim steigend) noch immer um $\sim 1,6\%$ um ihren Mittelwert.

2. Die zweipolige magnetische Wage (Fig. 2). Diese hat zunächst den Vorteil, daß jeder Schüler sie leicht anfertigen kann; er braucht nur eine regelmäßig magnetisierte Stricknadel in der Mitte zu unterstützen, wozu er an dieser Stelle quer zur Stricknadel mit ein wenig Klebwachs eine Nähnadel als Drehachse anklebt und sie mit dieser auf ein Widerlager legt. (Das Widerlager fertigt er aus einem kleinen Holzklötzchen oder Baukastenstein an, an den er links und rechts zwei Streifen Hartpapier klebt, so daß sie mit ihrer Oberkante etwa 2 cm hoch über das Klötzchen emporspringen.)

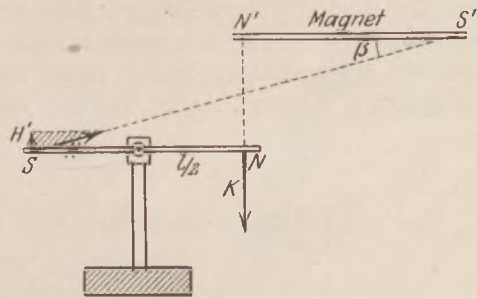


Fig. 2.

Bringen wir nun, um in Übereinstimmung mit oben zu bleiben, einen mit der Stricknadel gleich langen Magnet über dieser Wage an, so kompliziert sich scheinbar hier die Kraftwirkung, indem gleich drei störende Kräfte auftreten. Aber ersichtlich heben sich die beiden Anziehungen zwischen S und N' einerseits und S' und N andererseits in ihrer Wirkung auf die gleicharmige magnetische Wage auf, da sie einander gleich sind. Es tritt also auch hier nur eine einzige störende Kraft H auf, nämlich die Abstoßung zwischen den Polen S und S' . Von dieser kommt (genau wie oben) nur ihre zum Wagebalken senkrechte Komponente H' zur Geltung. Es ist (vgl. Fig. 2)

$$K = \frac{m \cdot m'}{r^2},$$

$$H' = K \cdot \sin^3 \beta.$$

Nähern wir nun wie oben die zwei Magnete einander, ausgehend von der Entfernung l auf die Entfernung $l/2$, so ergibt schon eine Zeichnung, daß β jeweils nur rund $1/2 \alpha$ und daher bei der zweipoligen Wage die störende Kraft H' nur rund $1/8$ der störenden Kraft H ist, die bei der einpoligen Wage auftritt. Ergebnis:

- a) Was man beobachtet, ist auch hier nicht die Konstante C , sondern eine während des Versuchs variiierende Größe, die aber nur um $\sim 1,1\%$ bis $4,4\%$ von C abweicht.
- b) Die Produkte $\mathfrak{R} \cdot r^2$ variieren hier nur um $\sim 1,5\%$ um ihren Mittelwert.

3. Weitere Verbesserung durch Benutzung der Doppelstricknadel. In den Schülerübungen an unserer Schule benutzen wir solche zweipolige magnetische

Wagen, deren Wagebalken aber aus zwei mit ihren einen Enden zusammengelöteten Stricknadeln besteht. Es entsteht so eine Art Stricknadel von doppelter Länge. Als ablenkenden Magnet erhält jeder Schüler einen damit etwa gleichlangen Magnetstab, wie solche die Firma Meiser & Mertig in Dresden liefert. Da auch hier die beiden Magnete, genau wie oben, einander von l (einfache Stricknadellänge) auf $l/2$ genähert werden, so ist in diesem Falle die störende Kraft

$$H' = K \cdot \sin^3 \gamma$$

(da ersichtlich $\gamma \approx 1/2 \beta$) neuerdings nur rund $1/8$ der störenden Kraft in dem an sich schon so günstigen Falle 2 der oben geschilderten kurzen zweipoligen Wage.

- a) Was wir hier beobachten, ist eine Größe, die sehr nahe an C liegt und die nur um $\sim 0,2\%$ bis $0,5\%$ von C abweicht.
- b) Die Produkte $R \cdot r^2$ variieren hier nur noch um den minimalen Betrag von $\sim 0,2\%$ (d. i. $2/1000$) um ihren Mittelwert.

Das letztere ermöglicht eine geradezu ideale Anpassung; die Erfahrung lehrt, daß bessere Schüler bequem eine dieser entsprechende Genauigkeit mit ihrem einfachen selbstaufgebauten Apparat erreichen. (Der Stricknadel-Wagebalken wird von den Schülern mit dem von ihnen zum Versuch benutzten Hilfsmagnet $N'S'$ durch Doppelstrich vor dem Gebrauch selbst magnetisiert. Die Höhenlage des Magnets $N'S'$ wird nach und nach durch Wegnahme von 2 cm hohen Unterlagsklötzchen variiert, was eine rasche Bestimmung von r ermöglicht.)

Der Vorteil der zweipoligen vor der einpoligen magnetischen Wage (bei gleichen Ausmaßen) ist nach den vorstehenden Darlegungen unverkennbar. Dies bringen auch die beigegebenen zwei Figuren zum Ausdruck, die für gleiche Nadellängen l und gleichen Abstand r der Magnete bearbeitet sind.

Einige Versuche mit der Lautverstärkerröhre.

Von Dr. J. Weiß, Freiburg i. Br.

In den letzten Jahren ist die Technik der Nachrichtenübermittlung außerordentlich vervollkommnet worden durch die Einführung der Lautverstärkerröhre. Dieses unscheinbare Instrument hat es ermöglicht, Entfernungen telephonisch zu bewältigen, wie man es vor kurzem noch für unmöglich gehalten hätte. Gehen doch nun Fernsprechlinien quer durch den amerikanischen Kontinent, welche eine so gute Verständigung von einer Küste zur andern gestatten, wie wenn die Endstationen nur wenige Kilometer von einander entfernt wären. Es ist daher wohl berechtigt, wenn auch der Physiklehrer die Seele dieser Anlagen durch eigene Versuche kennen zu lernen wünscht, und dies wird um so leichter, als die Lautverstärkerröhre zu den wenigen Apparaten gehört, die sogar eine gering dotierte Schule sich noch leisten kann. (Preis einer Lautverstärkerröhre etwa 40 Mk. Bezugsquellen: AEG., Telefunken etc.) Auch im Unterricht könnte sie sehr wohl als Schwingungserzeuger dienen, z. B. statt des Lichtbogens, der seine technische Bedeutung zugunsten der Senderöhre eingebüßt hat.

Die Lautverstärkerröhre besitzt verschiedene Ausführungsformen: häufig findet man eine zylindrisch geformte Anode, in welcher koaxial das „Gitter“ angeordnet ist. Letzteres umgibt die Kathode, als welche ein dünner Glühdraht funktioniert. Das Gitter liegt also zwischen der Kathode und Anode. Alle drei befinden sich in einem sehr hochgradigen Vakuum, Die Kathode wird mit Hilfe einer 6 Volt-Akkumulatorenbatterie durch einen Strom von etwa 0,6 Amp. Stärke zum Glühen gebracht; die Stromstärke wird bequem durch einen Schieberwiderstand reguliert. Die genauen Daten lasse man sich beim Bezug der Röhre geben. Von den hübschen

Versuchen, die man mit einer solchen Röhre anstellen kann, seien hier nur die folgenden genannt.

1. Versuch. Emission von Elektronen aus dem Glühdraht. Ein empfindliches Galvanometer (mindestens 10^{-6} Amp.) sei zwischen Gitter und Kathode eingeschaltet. Sobald letztere zum Glühen gebracht wird, fließt ein elektrischer Strom von der Kathode durch das Galvanometer zum Gitter. Dies beruht darauf, daß von der glühenden Kathode Elektronen ausgesandt werden, welche das Gitter negativ aufladen; gleichzeitig lädt sich die Kathode positiv auf, und diese Ladungen gleichen sich durch das Galvanometer hindurch aus. Legt man das Galvanometer an die Anode statt an das Gitter an, so fließt nur ein viel geringerer Strom im Galvanometer. Die Elektronen werden also beinahe völlig vom Gitter abgefangen.

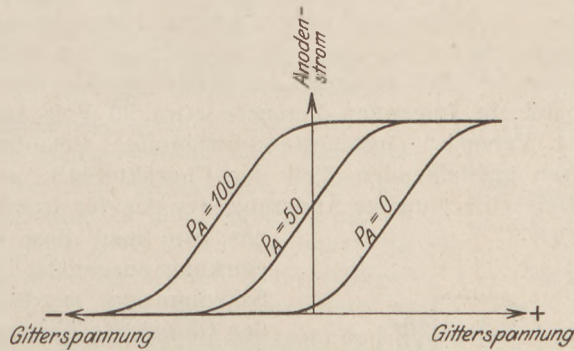


Fig. 1.

2. Versuch. Gleichrichterwirkung. Wir verbinden wieder die Anode mit der Kathode durch das Galvanometer und erteilen beiden eine Potentialdifferenz, welche bis zu 150 Volt betragen darf; letzteres kann z. B. mit Hilfe der Lichtleitung (durch Abzweigen) geschehen. Hochspannungsquelle, Galvanometer und Röhre sind hierbei hinter einander geschaltet. Ist der Glühdraht negativ geladen, so fließt nun ein Strom von der Kathode durch das Galvanometer zur Anode. Ist dagegen der Glühdraht mit dem positiven Pol der Stromquelle verbunden, so entsteht kein Strom. Die Röhre wirkt

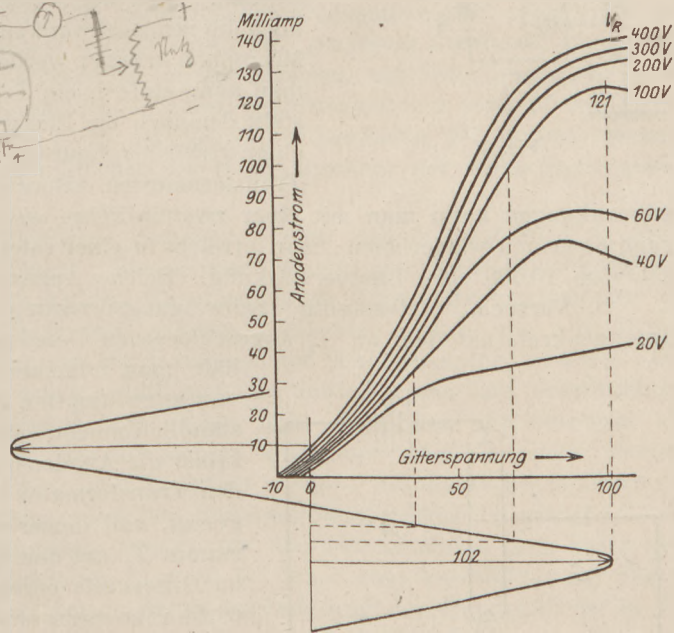


Fig. 2.

demnach als elektrisches Ventil, wie man erkennt, wenn man an Glühdraht und Anode eine Wechsellspannung anlegt. Auch beim Quecksilberdampfgleichrichter wird die Tatsache benützt, daß Elektronen leicht aus glühenden Körpern austreten, nicht aber aus kalten. Eine ähnliche Vorrichtung wie unsere Lautverstärkerröhre war bei der Markonigesellschaft unter dem Namen Audion längere Zeit an Stelle des Kontakt-detektors im Gebrauch; jene Röhren besaßen aber noch kein Gitter.

3. Versuch. Charakteristik. Nun legen wir auch noch bei konstanter Anoden-spannung zwischen Gitter und Kathode eine variable Spannung an; dann wird die Anodenstromstärke dargestellt durch Kurven des aus Fig. 1 ersichtlichen Charakters¹⁾.

¹⁾ Aus „Die Naturwissenschaften“ 1919 Heft 42.

Wirklich beobachtete Kurven für eine Senderöhre größerer Leistung gibt Fig. 2¹⁾. Man nennt eine solche Kurve eine Charakteristik der Röhre; die verschiedenen S-förmigen Kurven gehören zu verschiedenen Anodenspannungen. Bei stark negativer Gitterladung fließt kein Anodenstrom, weil das Gitter die Elektronen abstößt und zur Kathode zurücktreibt. Bei wachsender Gitterspannung steigt der Anodenstrom, bis er bei einer gewissen Gitterspannung sein Maximum erreicht. Die Charakteristik ist desto weiter in der Richtung der negativen Gitterspannungen (also nach links) verschoben, je höher die verwendete Anodenspannung ist, und das eben erwähnte Maximum tritt bei gegebener Gitterspannung um so früher ein, je größer die Anodenspannung ist. Bei unserer Lautverstärkerröhre wird man im Interesse ihrer Lebensdauer für die folgenden Versuche etwa 90 Volt Anodenspannung wählen.

4. Versuch. Gesteuerte Schwingung. Befindet man sich auf dem geradlinigen mittleren aufsteigenden Teil der Charakteristik, so löst jede Änderung des Gitterpotentials eine ähnliche Änderung des Anodenstromes aus. (Steuerung). Fig. 3 zeigt

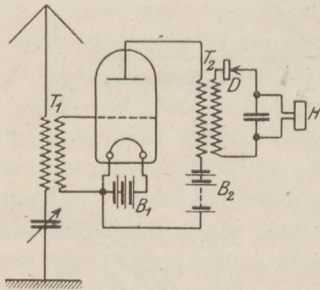


Fig. 3.

uns, wie man diese Eigenschaft zur Hochfrequenzverstärkung ausgenützt hat. Die in der Antenne erzeugten Schwingungen werden durch den Transformator T_1 auf den Gitterkreis übertragen und bewirken entsprechende Änderungen des Anodenstromes, welche durch den Transformator T_2 an den Detektorkreis weitergegeben werden. Statt der Antennenströme kann man natürlich auch die Stromschwankungen benutzen, welche mit einem Mikrophon erzeugt werden, und an Stelle von T_2 wird man dann einfach ein Telephon anschließen. Die Röhre stellt demnach ein Elektronenrelais dar. Zur Erzielung einer wirklichen Lautverstärkung sind besonders gebaute Transformatoren erforderlich. Die verstärkten Strom-

schwankungen kann man mit einer zweiten Röhre weiter verstärken und diesen Vorgang mehrfach wiederholen; man erreicht in einer solchen Kaskadenschaltung schließlich eine 10000fache Lautverstärkung. Solche Apparate sind käuflich zu haben.

5. Versuch. Selbständige Schwingungserregung. Läßt man in Fig. 3 den Antennenkreis mit dem an T_2 angeschlossenen Detektorkreis zusammenfallen, so erhält man folgende Fig. 4, welche die Erregung

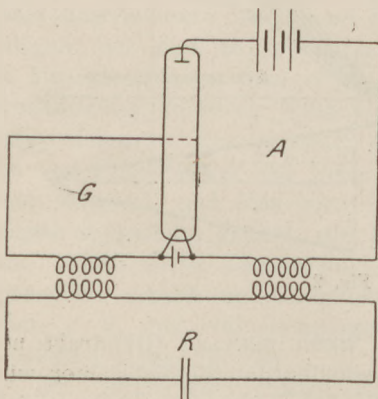


Fig. 4.

von ungedämpften elektrischen Schwingungen verständlich macht. Wenn man im Kreis A (Anodenkreis) die Anodenspannung anlegt, so wird durch den Transformator T_2 der Schwingungskreis R angeregt, und dieser wirkt mittels des Transformators T_1 auf den Gitterkreis G induzierend. Die im Gitterkreis erzeugten Spannungsschwankungen wirken ihrerseits wieder auf den Anodenkreis, und so geht es im Zyklus $ARGA$ weiter mit dem Ergebnis, daß in R dauernd Schwingungen entstehen von der durch die Kapazität und Selbstinduktion von R bedingten Frequenz. Der Schwingungskreis R bewirkt also die Rückkoppelung von A mit G . Die Schaltung läßt sich noch vereinfachen, indem man die Selbstinduktion des Anoden-

kreises A und des Schwingungskreises R miteinander vereinigt, wie ja auch beim „Spartransformator“ die Primärspule einfach einen Teil der ganzen Transformatorspule bildet. Man hat dann statt des Transformators T_2 eine einzige Spule S_1 , welche man induktiv auf die Spule S_2 des Gitterkreises wirken läßt.

¹⁾ Aus der „Elektrotechnischen Zeitschrift“ 1919, Heft 7.

So entsteht die folgende Generatorschaltung (Fig. 5)¹⁾.

Die Gitterselbstinduktion wird an den negativen Pol der Heizbatterie B_1 angeschlossen; den Regulierwiderstand des Heizstromes schließen wir an den positiven Pol der Heizbatterie an. B_2 bedeutet die Anodenbatterie.

Die Selbstinduktionen S_1 und S_2 verfertigt man aus seidenumspunnenem Kupferdraht. Klingeldraht oder Draht mit gewachster Umspinnung ist ungeeignet (wegen der dielektrischen Hysterisis). Gut brauchbar sind spiralförmig gewickelte Selbstinduktionen, welche eine ebene Scheibe bilden. Man stellt sie her, indem man eine Windung nach der andern eng aneinander anliegend auf einem Karton mit Siegellack festklebt. Den Siegellack hat man zu diesem Zweck vorher in Form von vier radialen Streifen auf dem Karton angeschmolzen, und das Festkleben kann nun mit Hilfe eines heiß gemachten Nagels geschehen, indem man mit ihm den Draht in den Siegellack hineindrückt. S_1 und S_2 mögen etwa gleich groß sein. Wesentlich für die Erzeugung der Schwingungen ist es, daß S_1 und S_2 im richtigen Umlaufsinn zu einander gewickelt einander gegenüberstehen, so daß die Gitterspannung der Spannung an der Anodenspule und am Schwingungskreis stets entgegengesetzt gerichtet ist. Ferner kommt es sehr auf den Grad der Koppelung an: die Spulen S_1 und S_2 müssen einander ziemlich nahe gegenüberstehen.

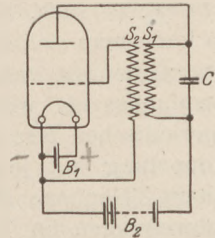


Fig. 5.

Ebenso gut verwendbar wie die beschriebenen Flachspulen sind zylindrisch gewickelte Spulen, welche gleichfalls einlagig und mit geringem Spielraum ineinander verschiebbar sind. Es ist vorteilhaft, sie so anzufertigen, daß ihre Länge gering ist gegen ihren Durchmesser. Ich habe z. B. Spulen angewendet von etwa 20 cm Durchmesser, von denen jede aus 20 dicht nebeneinander liegenden Windungen bestand. Die Koppelung kann dann durch Drehen der Windungsebene der einen Spule gegen die andere variiert werden.

Der Nachweis der Schwingungen geschieht, indem man den Spulen S_1 S_2 einen aperiodischen Indikatorkreis nähert. Ein solcher besteht aus einem kreisförmig gebogenen Kupferdraht, den man an den Heizdraht eines Vakuumthermoelementes angeschlossen hat; in Ermangelung eines solchen kann man ebenso gut eine Drahtschleife, einen Kontaktdetektor und ein Galvanometer hintereinander schalten. Der Indikatorkreis wird dadurch erregt, daß man die Schwingungen des Schwingungskreises induzierend auf die Drahtschleife wirken läßt. Statt des aperiodischen, auf alle Frequenzen ansprechenden Indikatorkreises kann man auch in einem zweiten Resonanzkreis, der Selbstinduktion und Kapazität enthält, Resonanzschwingungen erregen. Es muß beachtet werden, daß die Resonanz außerordentlich scharf ist und schon eine ganz geringe Verstimmung genügt, um den Resonanzkreis nicht mehr zum Ansprechen zu bringen. Zu letzterem Versuch ist daher eine Variabilität der Eigenfrequenz unbedingt erforderlich, sei es durch Veränderung der Kapazität, sei es der Selbstinduktion. Eine variable Selbstinduktion kann man einfach in den Schwingungskreis hinter der Koppelungsspule miteinfügen; sie kann bestehen aus 2 Flachspulen, die gegeneinander verstellbar sind. Sehr bequem ist natürlich ein Drehkondensator als variable Kapazität, doch genügen schon 2 gegeneinander verschiebbare Blechplatten oder 2 konzentrisch ineinander verschiebbare Blechbüchsen (Zylinderkondensator). — Die Kapazität im Schwingungskreis soll nicht zu groß sein im Verhältnis zur Selbstinduktion. Es entstehen sogar Schwingungen, auch ohne daß eine besondere Kapazität vorhanden ist; als Kapazität wirkt dann einfach diejenige der Selbstinduktion des Anodenkreises. Die Schwingungen im Resonanzkreis kann man wieder mit Hilfe eines Vakuumthermoelementes nachweisen.

¹⁾ Aus „Die Naturwissenschaften“ 1919, Heft 42.

Mit Hilfe von ähnlich gebauten „Senderöhren“ erregt man heutzutage fast ausschließlich die Schwingungen für die drahtlose Telegraphie und Telephonie; man benutzt dabei oft Röhren, die mehrere Kilowatt leisten. Etwas leistungsfähigere Röhren wie die Lautverstärkerrohre sind auch erforderlich, wenn man Schwingungen erzeugen will, deren Wellenlänge nur wenige Meter beträgt. Ebenso kann man Schwingungen herstellen von Frequenzen, welche akustisch wahrnehmbaren Tönen entsprechen.

6. Versuch. Schwebungen. Besitzt man zwei Lautverstärkerrohre (Senderöhren), so kann man sich zwei Schwingungskreise zusammenstellen, welche nur äußerst wenig gegeneinander verstimmt sind, und beide gleichzeitig auf denselben aperiodischen Empfangskreis wirken lassen, so daß in letzterem Schwebungen entstehen. Den aperiodischen Kreis bildet man aus zwei Selbstinduktionen, von denen je eine zur Koppelung mit je einem der Schwingungskreise dient, einem Kontaktdetektor und einem Telephon; alle vier Teile sind hintereinander geschaltet. Man hört dann die Schwebungen im Telephon als musikalischen Klang, und zwar ist die Tonhöhe gegeben durch die Zahl Schwebungen pro Sekunde. Schon die Annäherung der Hand genügt, um die Kreise so stark gegeneinander zu verstimmen, daß man im Telephon nichts mehr hört, weil der Ton zu hoch wird. Wenn man aber an der Anordnung nichts ändert, bleibt die Tonhöhe völlig konstant, ein Beweis dafür, daß die Schwingungen in den Schwingungskreisen absolut konstant sind; gerade dies zeichnet die Senderöhre vor dem Poulsenlichtbogen aus. Man kann es dahin bringen, daß das Telephon im höchsten Ton erklingt, wenn man die Hand nähert, daß die Tonhöhe bei weiterer Annäherung immer tiefer sinkt, so tief schließlich, daß man den Ton gar nicht mehr hört (nun sind die beiden Schwingungskreise in völliger Resonanz); nähert man die Hand noch weiter, so ist wieder ein tiefer Ton zu hören, und bei weiterer Annäherung steigt die Tonhöhe, bis sie schließlich die obere Hörbarkeitsgrenze übersteigt. Bei solch großer Empfindlichkeit genügt schon die Bewegung eines Fingers, um die Tonhöhe im Telephon zu ändern. Es ist leicht verständlich, daß die Anordnung um so kapazitätsempfindlicher ist, je kleiner die Kapazität des Schwingungskreises ist. In gleicher Weise wird gegenwärtig in der drahtlosen Telegraphie beim sogenannten Schwebungsempfang ein musikalischer Klang erzeugt. Das eine schwingende System ist die Antenne, das andere ein damit nahezu in Resonanz stehender Hilfskreis, der mit einer Lautverstärkeröhre erregt wird. Natürlich setzt die Anordnung voraus, daß mit ungedämpften Wellen telegraphiert wird.

Kritische Betrachtung bekannter Metallsulfidversuche.

Von R. Winderlich in Oldenburg i. O.

Zur Erläuterung des Unterschiedes zwischen chemischer Verbindung und mechanischem Gemenge findet sich in fast allen Lehrbüchern ein Versuch, dem meist eine entscheidende Bedeutung auch nach der quantitativen Seite hin beigelegt wird: der Versuch der Mischung (und nachherigen Vereinigung) von 4 g Schwefelblumen mit 7 g Eisenpulver; durch den Magneten, durch Schlämmen mit Wasser, durch Übergießen mit Schwefelkohlenstoff und andere Mittel lassen sich Eisen und Schwefel wieder trennen. Die Hartnäckigkeit, mit der dieser Versuch immer wieder zu den genannten Zwecken verwendet wird, hat zwei Ursachen: erstens hat die Zusammensetzung der Sulfide in dem Streit zwischen Proust und Berthollet über die festen Verbindungsverhältnisse chemischer Verbindungen eine bedeutende Rolle gespielt [vergl. z. B. Gilberts Annalen (1807) 25, 266], zweitens ist der Mensch von Hause aus konservativ. Diese zweite psychologische Ursache ist den Lehrbüchern nicht zum Vorteil, ihre Verfasser können sich sehr häufig vom Althergebrachten nicht trennen und finden dann keinen Raum mehr für Neues und Besseres. Der erwähnte

Versuch ist in die Schulbuchliteratur eingedrungen, weil man mit ihm nach dem Vorgange Prousts den Satz der festen Verbindungsverhältnisse ableiten oder beweisen wollte. Man bedachte dabei gar nicht, daß dem Lehrer bei den unzulänglichen Vorkenntnissen seiner Schüler und bei der geringen zur Verfügung stehenden Zeit keine Möglichkeit gegeben war und ist, das Quantitative bei dieser Bindung unzweifelhaft klar zu stellen. Nach mannigfachen Erörterungen hierüber haben sich viele von der Unverwendbarkeit des Schwefelblumen-Eisenpulver-Versuchs für das Quantitative überzeugen lassen, nun sollte der alte, liebgewordene, bequeme Versuch wenigstens zur Unterscheidung der Begriffe Gemenge und Verbindung erhalten.

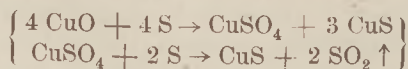
In einem Gemenge können die Einzelbestandteile in jedem beliebigen Verhältnis vorhanden sein, in einer Verbindung nur in einem ganz bestimmten; in einem Gemenge haben die Bestandteile ihre charakteristischen Eigenschaften noch unverändert, in einer Verbindung haben sie diese Eigenschaften gänzlich verloren und dafür neue erworben; die Bestandteile eines Gemenges kann man durch einfache physikalische Mittel wieder trennen, die Bestandteile einer Verbindung jedoch nur durch chemische Mittel. Von diesen drei Unterscheidungsmerkmalen fällt das erste im angegebenen Falle fort, weil keine Möglichkeit besteht, das Quantitative sinnfällig zu zeigen; das Reaktionsprodukt von 3 g Schwefel und 8 g Eisen zeigt für den Anfänger in der Chemie kein anderes Verhalten als die wirkliche, reine Verbindung. Beim zweiten Unterscheidungsmerkmal begnügt man sich mit bloßen Beschauen; würde man einen Tropfen Säure in das Gemisch fallen lassen, so würde die Nase sofort wegen des Schwefelwasserstoffgeruchs, der bei Eisen allein und Schwefel allein nicht auftritt, von einer durchgreifenden Veränderung der Eigenschaften zu berichten wissen. So bleibt der Nachdruck auf der letzten Unterscheidungsmöglichkeit, aber da heißt es wohlweislich immer, „lassen sich trennen“, „man kann trennen“, von einer Ausführung der Trennung wird meist abgesehen, oder sie wird nur angedeutet, jedenfalls nicht mit genauer Prüfung durchgeführt. Warum? Sie ist restlos überhaupt nicht mehr möglich. Man versuche es, mit einem Magneten das feine Eisenpulver vom Schwefelmehl abzusondern; nach einer Stunde qualvoller Mühe wird man einsehen, daß man nicht zum Ziele kommt, daß zwischen dem angezogenen Eisen immer wieder Schwefel sitzt. Beim Schlämmen mit Wasser erzielt man keinen besseren Erfolg; im Gegenteil, bei Gegenwart von Feuchtigkeit entsteht aus dem Gemisch ziemlich rasch Schwefeleisen. Durch Schwefelkohlenstoff bekommt man zwar Schwefel sicher und leicht in Lösung, deshalb sagt SCHEID in seinem Vorbereitungsbuch „absolut sicher ist nur die Trennung mit Schwefelkohlenstoff“ [S. 228], aber dieser gelöste Schwefel wirkt sofort auf das Eisen unter Bildung von Schwefeleisen, so daß man auch hier nur einen Teil des Schwefels aus dem Gemenge wieder herausziehen kann. Durch Auflösen in Säuren darf man das Eisen auch nicht vom Schwefel entfernen wollen, weil sich sogleich Schwefeleisen und darauf Schwefelwasserstoff bildet. Die Einwirkung des gelösten Schwefels auf Metalle läßt sich wegen, der Farbänderung besonders einfach bei Kupfer und Silber nachweisen: taucht man ein blankes Silber- oder Kupferblech in Schwefelkohlenstoff, der etwas Schwefel gelöst enthält, so bekommt man schnell eine schwarze, leicht abblätternde Kruste von Metallsulfid.

Die Vereinigung von Schwefel und Eisen läßt sich also genau genommen weder zum Nachweis des Satzes der festen Verbindungsverhältnisse noch zur deutlichen Unterscheidung von Gemenge und Verbindung benutzen. Zur Trennung eines Gemenges gibt es geeignetere Gemenge, z. B. Quarzpulver und Kochsalz. Dann kann der Schwefelblumen-Eisenpulver-Versuch als einfaches Beispiel eines chemischen Vorganges verwertet werden: nach Ohmanns Vorschlag wird das Gemenge mit einer glühenden Stricknadel an einer Stelle entzündet, dabei wird auf die Bedeutung der Entzündungstemperatur aufmerksam gemacht und aus dem Fortglühen der ganzen Masse die hohe Reaktionswärme erkannt.

Dieser Schwefelblumen-Eisenpulver-Versuch ist eine äußerst dankbare Aufgabe für die Schülerübungen als ein Bestandteil einer Reihenuntersuchung, einer Untersuchung der Frage, wie der Schwefel auf die Metalle wirkt. In den Büchern wird hierbei anscheinend gar nicht die Einwirkung von Schwefel auf Magnesium und auf Aluminium vorgesehen; das sollte man in den Oberklassen doch nicht vergessen, nicht etwa um Vollständigkeit zu erreichen, sondern um zu zeigen, daß es zwar die Sulfide der beiden genannten Metalle gibt — die Vereinigung tritt im Probierglase bei starker Erhitzung unter heftiger Glüh- und Sprühercheinung ein —, daß diese Sulfide jedoch bei Zusatz von Wasser sofort in Metallhydroxyd und Schwefelwasserstoff übergehen. Diese Tatsache ist wichtig zum Verständnis des stets erwähnten Auftretens von Hydroxyd bei Fällung von Aluminiumsalzlösungen durch Ammoniumsulfid.

Gelegentlich analytischer Besprechungen könnte man auch die häufig in Schulbüchern wiederkehrende Behauptung richtig stellen: „In den Lösungen der Ferrosalze bewirkt Schwefelwasserstoff keinen Niederschlag“; denn der Schwefelwasserstoff fällt Eisen aus, wenn der Lösung vorher Natrium- oder Ammoniumacetat hinzugesetzt war, eine Tatsache, die vermutlich zuerst von Gay-Lussac beobachtet worden ist [Journal für praktische Chemie (1839) 18, 213]. Löst man Eisenpulver in Essigsäure, so bedarf es gar nicht einmal des Zusatzes eines dritten Stoffes, damit der Schwefelwasserstoff eine Fällung hervorbringt. Indes wird die gründliche Erörterung dieser Vorgänge über den Rahmen des Schulunterrichts hinausgehen; das hindert allerdings nicht, jenen angeführten Satz dahin zu verbessern, daß es heißt: „In den mineral-sauren Lösungen der Ferrosalze . . .“.

Bei der Umsetzung der Metalloxyde mit Schwefel (Schülerübungsaufgabe) gibt Scheid in seinem Vorbereitungsbuch (S. 229) Mengenverhältnisse an, die berechtigterweise aufmerksame Schüler zu der Frage veranlassen, warum die vorgeschriebenen Gewichte nicht mit den Werten der Formelgleichungen übereinstimmen. Es sollen z. B. 4 g ausgeglühtes Eisenoxyd mit 4 g Schwefel gemischt werden, während die Gleichung $2 \text{Fe}_2\text{O}_3 + 7 \text{S} \rightarrow 4 \text{FeS} + 3 \text{SO}_2 \uparrow$ das Verhältnis 10:7 fordern würde. In jedem einzelnen Falle ist für Schwefel ein beträchtlicher Überschuß angegeben. Die Begründung für diese durchaus richtige Vorschrift ist nicht mit dem Hinweis auf einen Verdampfungsverlust des Schwefels erledigt, ja nicht einmal mit der Heranziehung des Massenwirkungsgesetzes. Es verlaufen die Vorgänge tatsächlich nicht so einfach, wie wir sie in Gleichungen darzustellen pflegen. Im vorliegenden Fall ist das leicht nachzuweisen. Mischt man Eisenoxyd oder Kupferoxyd mit einer erheblich geringeren Menge Schwefel, als man aus den Umsetzungsgleichungen errechnet, und kocht das Glühprodukt mit Wasser, so gibt das Filtrat mit Ferrocyankalium und mit Bariumchlorid Niederschläge. Es sind also neben den Sulfiden auch Sulfate entstanden. Nimmt man zu dem Glühversuch die von Scheid vorgesehenen größeren Schwefelmengen, so erhält man nach dem Aufkochen und Filtrieren durch die beiden Reagenzien keine Spur eines Niederschlags. Wendet man sehr geringe Schwefelmengen an und überschichtet dazu das Metalloxyd-Schwefel-Gemisch noch mit Metalloxyd, so nimmt man nicht einmal den Geruch von Schwefeldioxyd wahr. Die Begründung jener Vorschrift liegt also in dem unausprochenen Wunsche, eine sichere Bildung von SO_2 und reinem Metallsulfid zu erreichen und eine Sulfatbildung zu verhindern, die beim Erhitzen von Schwermetalloxyden mit Schwefel leicht auftritt, wenn nicht ein Überschuß von Schwefel die Sulfate wieder reduziert oder sehr heftige Glühhitze sie zerlegt. Die Gleichungen



bedingen allerdings noch keine größere Schwefelmenge, aber der unvermeidlich verdampfende Schwefel bewirkt, daß ohne Anwendung eines Überschusses dem weniger

Schwefel erfordernden ersten Vorgang der Sulfatbildung der zweite der Schwefeldioxydbildung nicht bis zur völligen Zerlegung des Sulfats folgen kann.

Es scheint wenig bekannt zu sein, daß die Umsetzung von Kupferoxyd mit Schwefel zu einer Wägung des Gases benutzt werden kann. Als Auffanggefäß dient eine Gasbürette mit Quecksilberfüllung. Um keine Verluste zu bekommen, empfiehlt es sich mit kleinen Mengen zu arbeiten und als Staubfänger für den Schwefeldampf ein Flöckchen Glaswolle in den oberen Teil des Probierröhrchens zu schieben. Beispiel:

| | | | |
|---|---------|---|------------------------|
| Probierröhrchen trocken und leer | 14,82 g | } | 0,2 g CuO |
| Probierröhrchen mit CuO | 15,02 g | | |
| Probierröhrchen mit CuO und S | 15,42 g | } | 0,4 g S |
| Probierröhrchen mit Gemisch und Glaswolle | 15,62 g | | |
| Probierröhrchen nach dem Versuch | 15,54 g | } | 0,08 g SO ₂ |

Die aufgefangene Gasmenge betrug $v = 28,5 \text{ cm}^3$, die Temperatur war $t = 15^\circ$, der Barometerstand $p = 770 \text{ mm}$. Daraus ergab sich $v_0 = 27,37 \text{ cm}^3$ und das Litergewicht $\frac{80}{v_0} = 2,923 \text{ g}$.

Gestaltet man die Einwirkung von Schwefel auf Metalloxyde zu einer Reihenuntersuchung bei Schülerübungen, so ist bei Bleisuperoxyd Vorsicht geboten, denn das trockene Bleisuperoxyd-Schwefel-Gemisch entzündet sich beim Reiben im rauhen Porzellanmörser mit heller Flamme. Das Erhitzen von Quecksilberoxyd mit Schwefel ist zu vermeiden, denn nach einer Angabe von Proust [Gilberts Annalen (1807) 25, 175] können hierbei Explosionen auftreten.

Kleine Mitteilungen.

Ein einfaches Geradsichtprisma.

Von Otto Diehl in Alsfeld (Hessen).

Bei objektiver Darstellung der Brechung des Lichtes durch Prismen verwendet man, um die durch die Ablenkung des Lichtbündels geforderte Aufstellung eines zweiten Schirmes zu umgehen, Geradsichtprismen, die aus mehreren Prismen von geeignetem Brechungsindex und brechendem Winkel bestehen. Da solche Prismenkombinationen, besonders für Projektionsversuche, nicht gerade billig zu nennen sind, ein Geradsichtprisma aber vielseitige Verwendung findet, soll in folgendem eine einfache Vorrichtung beschrieben werden, die man mit wenig Mühe aus einem kurzen Flintglasprisma herstellen kann, wie es in Spektroskopen verwendet wird.

Wenn ein Lichtbündel ein Prisma symmetrisch durchsetzt, so erleidet das Licht ein Ablenkungsminimum, dessen Wert experimentell leicht zu finden ist, der natürlich auch bei gegebenem, brechendem Winkel und Brechungsindex aus der Beziehung

$$n = \frac{\sin \frac{\gamma + \delta}{2}}{\sin \frac{\gamma}{2}}$$

berechnet werden kann. Um diese Ablenkung zu vermeiden, um

also die das Prisma verlassenden Strahlen parallel zum einfallenden Licht austreten zu lassen, befestigt man ein Stück guten Spiegelglases mit der unbelegten Seite auf dem Rücken des Prismas derart, daß es an der Fläche $\sim 3 \text{ cm}$ hervorsteht, die von dem zu zerlegenden Licht getroffen wird. Wie Prisma mit Planspiegel auf einem kreisrunden Grundbrettchen anzubringen sind, zeigt Fig. 1. Die Vorrichtung wird so in den Gang der Lichtstrahlen gestellt, daß das Licht erst den Planspiegel trifft und von diesem schräg ins Prisma geworfen wird. Durch geeignetes Drehen der Vorrichtung findet man sofort die gewünschte Lage, die das Spektrum da erscheinen

läßt, wo vorher das Spaltbild sich befand. Um dieses Geradsichtprisma auch mit horizontaler, brechender Kante verwenden zu können, klemmt man sein Grundbrettchen senkrecht auf ein anderes mit zwei starken Führungsleisten auf. Daß auch die unbelegte Seite des Spiegels Licht reflektiert, verursacht so gut wie keine Störung. Fig. 2 zeigt die Aufstellung der Vorrichtung und den Gang der Strahlen. In Fig. 2 bedeutet: $L L$ = Lichtstrahl, $s s$ = Planspiegel, P = Prisma, $S S$ = Schirm.

Um die Brauchbarkeit dieser Vorrichtung beurteilen zu können, sei an einige optische Experimente erinnert, die sich einwandfrei damit ausführen lassen.

1. Es sollen die Farben eines von einem vertikal gestellten Prisma stammenden Spektrums untersucht werden. Man schickt zu diesem Zweck das vom ersten Prisma zerlegte Strahlenbündel durch das horizontal gestellte Geradsichtprisma, nachdem man den vertikalen Spalt durch eine auf die Spaltbacken aufgeklebte Blende mit horizontalem Spalt etwa auf 1 mm Höhe gekürzt hat. Man sieht das bekannte, schräg gestellte Farbenband, bei dem das Violett die stärkste Ablenkung erlitten hat. Die Prismenspektralfarben sind nicht mehr zerlegbar, also homogen.

2. Die Farben eines Beugungsspektrums (es genügt ein Gitter mit der Gitterkonstante $b = 0,05$, wie man es selbst schneiden kann) können auf dieselbe Art untersucht werden. Die Kondensorlinse des Projektionsapparates beleuchtet den unter 1. erwähnten kurzen Spalt, der mit dem Objektiv auf dem Schirm scharf abgebildet

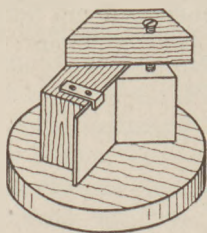


Fig. 1.

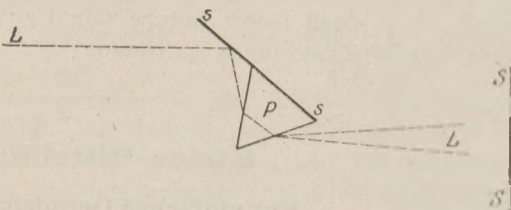


Fig. 2.

wird. Unmittelbar vor das Objektiv kommt das Gitter zu stehen. Die vom Gitter seitlich gebeugten Lichtbündel müssen nun das Geradsichtprisma passieren, um eine Zerlegung in der Richtung von oben nach unten zu erfahren. Die Spektren links und rechts von der Mitte des Beugungsbildes und natürlich auch das ungebeugte Spaltbild bieten, in Farbenbänder fächerartig auseinandergezogen, eine ebenso reizende wie lehrreiche Erscheinung. Nur das erste Beugungsspektrum links und rechts von der Mitte besitzt nämlich homogene Farben, alle anderen Spektren überlagern einander mehr oder weniger, je nach ihrer größeren oder kleineren Entfernung von der Bildmitte.

3. Durch Anlegen einer kleinen, etwa 4 mm dicken, planparallelen Glasplatte an den vorstehenden Teil des auf dem Prismarücken befestigten Planspiegels erhält man von einem vertikalen Spalt zwei genügend helle Spektren parallel nebeneinander, die man durch geringe Drehung der planparallelen Platte so übereinander legen kann, daß das Violett des einen Spektrums und das Rot des anderen sich decken und die charakteristische Purpurfarbe erkennen lassen.

4. Selbst zu Interferenzerscheinungen aus dem Gebiet der Polarisation des Lichtes ist das Geradsichtprisma zu verwenden. Man stellt vor den Kondensator einen Polarisator, der durch Reflexion an einer schwarzen Glasplatte das Licht polarisiert. Das Objekt, ein Gipsplättchen von ~ 1 mm Dicke wird mit Hilfe eines Objektivs (Sammellinse $f = 15$ cm) auf einem Schirm bei nicht allzu starker Vergrößerung abgebildet. In den Gang der Lichtstrahlen, recht nahe bei dem Objekt, schaltet man einen Glasplattensatz als Analysator mit gekreuzter Schwingungsrichtung ein. Das Gipsplättchen erscheint dann hell auf dunklem Grunde, wenn seine Schwingungsrichtung

tungen diagonal zu denen der beiden Polarisatoren stehen; es zeigt wegen seiner Dicke das sogenannte Weiß höherer Ordnung. Vereinigt man nun das den Analysator verlassende Licht mit einer Linse von 3—4 cm Brennweite auf einen vertikalen, etwa $\frac{1}{3}$ mm breiten Spalt, der von einer weiteren Linse auf dem Schirm scharf abgebildet wird, so läßt das in den Strahlengang zwischen dieser letzteren Linse und dem Schirm eingeschaltete Gradsichtprisma ein Spektrum auf dem Schirm erkennen, das von dunklen Linien durchsetzt wird. Es besteht nämlich das „Weiß höherer Ordnung“ aus weißem Licht, in dem von allen Farben je eine Wellenlänge ausgelöscht ist.

Selbstredend kann diese Erscheinung rechnerisch verfolgt werden. Zwischen gekreuzten Polarisatoren tritt bekanntlich Auslöschung für eine bestimmte Farbe bei Phasendifferenz $n \cdot \lambda$ ein. Da aber wegen der Dicke des Gipsblättchens der Gangunterschied der beiden im Analysator zur Interferenz gelangenden Komponenten sehr groß ist, entsteht Auslöschung für eine ganze Reihe von Wellenlängen, d. h. von Farben. Für unser Beispiel gelten folgende Werte:

Die Dicke des Blättchens sei genau $d = 1$ mm. Da im Gipsblättchen größter und kleinster Index, also α und γ , vorliegen, ist der Gangunterschied $\delta = d(\alpha - \gamma) = 1 \cdot 0,010 = 0,01$ mm. In diesem Gangunterschied sind aber folgende Wellenlängen ohne Rest enthalten: 417; 435; 455; 476; 500; 526; 556; 588; 625; 667 $\mu\mu$. Man wird also im sichtbaren Spektrum bis zu zehn dunkle Linien vorfinden. Bei dünneren Präparaten erhält man weniger, bei dickeren mehr Linien. Auch eine dünne Quarzplatte, die man parallel der Hauptachse geschliffen hat, ist als Objekt zu empfehlen. Die Erscheinung ist hell genug, um die Interferenzstreifen bei Anwendung der geschilderten, einfachen Mittel auf 2 m Entfernung zu zeigen. Die Bogenlampe des Projektionsapparates brennt dabei mit 5 Amp.

Über den Strahlengang in Geradsichtprismen.

Von Dr. Alfred Wenzel in Brandenburg a. H.

In vielen physikalischen Lehrbüchern, ja sogar in manchen großen Handbüchern fehlen in den Figuren für den Strahlengang in Geradsichtprismen Angaben über die Dispersion der verschiedenen Lichtarten bzw. sind sie geradezu falsch (wie z. B. Fig. 173 auf S. 204 in Müller-Pouillet-Pfaundler, Bd. II. 10. Aufl. 1909). Angesichts dieser Tatsache sollen im folgenden die richtigen Figuren mit den zugehörigen Winkeln mitgeteilt werden, deren Berechnung ich auf Anregung des Herrn Geheimen Studienrates Dr. FR. C. G. MÜLLER ausgeführt habe.

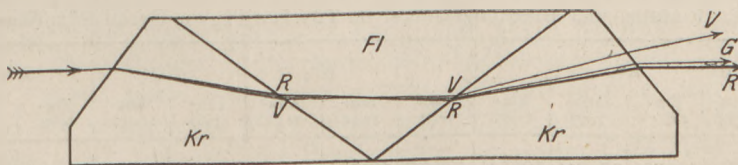


Fig. 1.

Im dreiteiligen Geradsichtprisma, wie es in vielen Spektroskopen zu finden ist, sind die beiden äußeren Prismen aus leichtem Kronglas rechtwinklig; das mittlere aus schwerem Flintglas hat einen Prismenwinkel von 106 Grad. Die der Berechnung zugrunde gelegten Brechungsindizes gegen Luft sind in Tab. 1, Spalte 2 und 3, die berechneten Einfallswinkel und Brechungswinkel in Tab. 2 zusammengestellt. Fig. 1 gibt den Gang des blauen (B), gelben (G) und roten (R) Strahles wieder. Die berechnete Dispersion $V-R$ ca. 9° wurde in Übereinstimmung mit der Beobachtung gefunden.

Tab. 1. Brechungsindizes gegen Luft.

| Wellenlänge λ in $\mu\mu$ | Kronglas, leicht | Flintglas, schwer | Kronglas, schwer |
|--------------------------------------|---------------------|----------------------|---------------------|
| 434 | 1,5264 | 1,781 | 1,6262 |
| 589 | 1,5153 | 1,741 | 1,6152 |
| 687 | 1,5118 | 1,730 | 1,6117 |

Tab. 2. Einfalls- und Brechungswinkel im dreiteiligen Geradsichtprisma.

| Lichtart | | Luft | Kr_1 | | Fl | | Kr_2 | | Luft |
|----------|--------------------------------------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|
| Farbe | Wellenlänge λ in $\mu\mu$ | Austritt | Eintritt | Austritt | Eintritt | Austritt | Eintritt | Austritt | Eintritt |
| Violett | 434 | 37° | 23° 13' | 66° 47' | 52° 0' | 54° 0' | 70° 46' | 19° 14' | 30° 11' |
| Gelb | 589 | 37° | 23° 24' | 66° 36' | 53° 0' | 53° 0' | 66° 36' | 23° 24' | 37° 0' |
| Rot | 687 | 37° | 23° 30' | 66° 30' | 53° 20' | 52° 40' | 65° 23' | 24° 37' | 39° 4' |

Als fünfteiliges Geradsichtprisma wurde das in Müller-Pouillet-Pfaunder a. a. O. abgebildete als Beispiel gewählt. Die Prismenwinkel der beiden äußeren Kronglasprismen Kr_2 und Kr_3 betragen 73 Grad, die des mittleren Kronglasprisma Kr_1 und der Flintglasprismen Fl_1 und Fl_2 94 Grad. Bei dieser Zusammenstellung müssen schweres Kronglas mit schwerem Flintglas kombiniert werden, da bei der

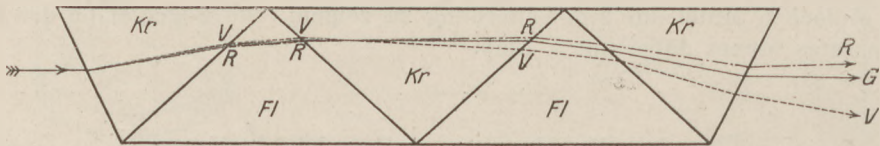


Fig. 2.

Verwendung von leichtem Kronglas und schwerem Flint kein symmetrischer Durchgang der gelben Strahlen zu erzielen ist und sogar an der Grenzfläche zwischen Fl_2 und Kr_3 Totalreflexion eintritt. Die für die Berechnung des Strahlenganges verwendeten Brechungsindizes sind in Tab. 1 Spalte 3 und 4, die Ergebnisse der Berechnung in Tab. 3 mitgeteilt. Fig. 2 stellt den richtigen Strahlengang in diesem Geradsichtprisma dar. Die berechnete Dispersion $V-R = \text{ca. } 11^\circ$ stimmt mit der Beobachtung überein.

Tab. 3. Einfalls- und Brechungswinkel im fünfteiligen Geradsichtprisma.

| Lichtart | | Luft | Kr_1 | | Fl_1 | | Kr_2 | | Fl_2 | | Kr_3 | | Luft |
|----------|-----------------------------------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|
| Farbe | Wellenl. λ in $\mu\mu$ | Austritt | Eintritt | Austritt | Eintritt | Austritt | Eintritt | Austritt | Eintritt | Austritt | Eintritt | Austritt | Eintritt |
| Violett | 434 | 26° | 15° 39' | 57° 21' | 50° 14' | 43° 46' | 49° 15' | 44° 45' | 40° 0' | 54° 0' | 62° 24' | 10° 36' | 17° 24' |
| Gelb | 589 | 26° | 15° 45' | 57° 15' | 51° 17' | 42° 43' | 47° 0' | 47° 0' | 42° 43' | 51° 17' | 57° 15' | 15° 45' | 26° 0' |
| Rot | 687 | 26° | 15° 47' | 57° 13' | 51° 33' | 42° 27' | 46° 26' | 47° 34' | 43° 27' | 50° 33' | 55° 59' | 17° 1' | 28° 9' |

Die noch möglichen zahlreichen Kombinationen zu fünf Prismen können bezüglich des allgemeinen Strahlenganges für die verschiedenen Lichtarten nichts prinzipiell Neues bieten. Wie sich aus den beiden Figuren und Tabellen ergibt, müssen sich in jedem Geradsichtprisma die roten, gelben und blauen Strahlen im mittelsten Prisma kreuzen.

Über die Verwandtschaft von Jod und Brom zum Sauerstoff.

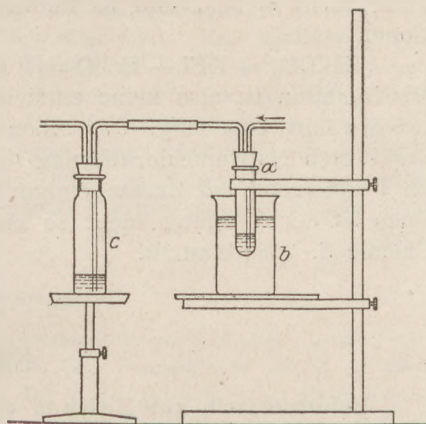
Ein Versuch für die chemischen Schülerübungen.

Von Studienrat Dr. G. Gruber in Königsberg i. Pr.

Daß die Verwandtschaft des Chlors, Broms und Jods zu Metallen und Wasserstoff mit steigendem Atomgewicht abnimmt, dafür hat man für die Schülerübungen einfache Versuche. Man läßt Chlor oder Chlorwasser auf Bromkaliumlösung und Bromwasserstoffsäure, die man leicht aus Bromwasser und Schwefelwasserstoff in einer Waschflasche herstellt, ebenso Bromdampf oder Bromwasser auf Jodkaliumlösung und Jodwasserstoffsäure, die man aus gepulvertem Jod, Wasser und Schwefelwasserstoff in einer Waschflasche gewinnt, einwirken und erschließt aus dem Freiwerden von Brom (bei konzentrierter Bromkaliumlösung sogar in Dampf- und in Tropfenform) bzw. Jod den obigen Satz.

Für den Nachweis, daß die Verwandtschaft zu Sauerstoff mit steigendem Atomgewicht zunimmt, hat man nicht so einfache Versuche und begnügt sich mit dem Hinweise, daß z. B. von den drei Verbindungen Kaliumchlorat, Kaliumbromat und Kaliumjodat ersteres am leichtesten und letzteres am schwersten Sauerstoff abspaltet.

Nach den Untersuchungen von Prof. KLINGER-Königsberg (man vergl. V. VON RICHTER, Lehrb. der anorgan. Chemie, herausgegeben von KLINGER, 13. Aufl., 1914, S. 423 und die Dissertation seines Schülers CHAZANOWSKY über die Bildung von Jodaten aus chlorsauren und bromsauren Salzen, Königsberg 1908) läßt sich wenigstens leicht zeigen, daß Jod hinsichtlich der Verwandtschaft zu Sauerstoff stärker als Brom ist. Man erwärmt in einem Probierrohr gelinde (im Becherglas mit Wasser) Kaliumbromat, Jod und wenig Wasser und erhält Bromdampf, und beim Erkalten scheiden sich Kristalle von Kaliumjodat aus. Es findet also eine glatte Verdrängung des Broms durch Jod statt, die sich durch folgende Gleichung ausdrücken läßt: $\text{KBrO}_3 + \text{J} = \text{KJO}_3 + \text{Br} \uparrow$. Besser ist es, den Versuch in folgendem einfachen Apparat anzustellen (s. d. Fig.). In das mindestens 2,3 cm weite und kaum 12 cm lange Probierrohr *a*, das in einem Becherglas *b* mit Wasser steht, bringt man entsprechend der Gleichung 1 g Kaliumbromat, 0,76 g gepulvertes Jod und 5–8 cm Wasser, verschließt es durch einen Kork, durch den ein langes, bis auf den Boden reichendes und ein kurzes Knierohr hindurchgesteckt sind. Das kurze Knierohr verbindet man mit einer kleinen Waschflasche *c*, die etwas Jodkaliumlösung enthält, und erwärmt das Wasserbad. Wenn seine Temperatur auf 70–80° gestiegen ist und sich das weite Probierrohr mit Bromdampf füllt, leitet man einen Luftstrom hindurch, indem man entweder das lange Knierohr des Probierrohrs mit einem Luftbläser oder das kurze Knierohr der Waschflasche mit einem Luftsauger verbindet.



Im gewöhnlichen Klassenunterricht ist es empfehlenswert, vor dem Hindurchleiten der Luft zwischen dem Probierrohr *a* und der kleinen Waschflasche *c* eine (nicht gezeichnete) leere, trockene Drechselsche Waschflasche einzuschalten, um besser den Bromdampf zu demonstrieren.

Nachdem sämtliches entstandenes Brom in die Waschflasche mit Jodkaliumlösung, die sich infolge Jodausscheidung braun färbt, geleitet und die Flüssigkeit im Reaktionsgefäße hell geworden ist, nimmt man das Wasserbad fort und beobachtet die Abscheidung von Kaliumjodat.

Einen Teil des Salzes trocknet man und erhitzt in einem kurzen böhmischen Probierrohr, um das Freiwerden von Sauerstoff zu zeigen. Den übrigen Teil und die darüberstehende Lösung benutzt man zu Fällungsreaktionen. Die Lösung gibt mit Chlorbariumlösung einen weißen Niederschlag von $\text{Ba}(\text{JO}_3)_2$, der in verdünnter Salpetersäure löslich ist.

Ein anderer Teil der Lösung gibt mit Silbernitratlösung einen Niederschlag von Silberjodat AgJO_3 , der in verdünnter Salpetersäure etwas und in Salmiakgeist leicht löslich ist. Versetzt man die ammoniakalische Lösung mit Schwefeldioxydlösung, so bildet sich infolge reduzierender Wirkung des Schwefeldioxyds ein gelber Niederschlag von Jodsilber. Endlich kann man durch Erwärmen von Kaliumjodat, Eisenvitriol oder Jodkalium und verdünnter Schwefelsäure freies Jod erhalten.

Es liegt nun nahe, nachzusehen, ob in ähnlicher Weise freies Brom auf Kaliumchlorat wirkt. Das ist nach Prof. Klinger und seinem Schüler nicht der Fall, selbst wenn ein Gemisch von Kaliumchlorat, Brom und Wasser im Einschlußrohr über 50 Stunden auf 200° erhitzt wird.

Beim Aufeinanderwirken von 1 g Kaliumchlorat, 1,05 g Jod und 5 ccm Wasser in dem beschriebenen Apparat verläuft die Reaktion nicht so einfach wie beim Bromat, was man daran erkennt, daß die Lösung über dem entstandenen Jodat sauer reagiert. Es bildet sich nach Klinger zunächst Kaliumbijodat gemäß folgender Gleichung: $2 \text{KClO}_3 + 2 \text{J} + \text{H}_2\text{O} = \text{KHJ}_2\text{O}_6 + \text{KCl} + \text{HClO}$. Dabei bleibt der Vorgang nicht stehen, und es finden bei andauerndem Erhitzen noch folgende Reaktionen statt:

$\text{KHJ}_2\text{O}_6 + \text{KCl} + \text{HClO} = 2 \text{KJO}_3 + \text{H}_2\text{O} + \text{Cl}_2 \uparrow$ und $3 \text{HClO} = \text{HClO}_3 + 2 \text{HCl}$. Die Reaktion ist also keine einfache Verdrängung des Chlors durch Jod. Wie nebenbei erwähnt sein mag, war schon vorher bekannt, daß z. B. beim Erwärmen einer gesättigten Natriumchloratlösung (oder von Kaliumchlorat mit wenig Wasser) mit Jod im Probierrohr auf Zusatz einiger Tropfen Salpetersäure stürmisch Chlor entweicht. Doch ist der Vorgang nicht so einfach, wie ihn H. Erdmann in seiner anorgan. Chemie S. 328 darstellt.

Für die Praxis.

Schulversuch zur Messung des aus Salzsäure durch Magnesium entwickelten Wasserstoffes. Von F. Küspert in Nürnberg. Hierfür hat sich eine kleine Vorrichtung bewährt, die nach beistehender Abbildung mit Hilfe eines Probierglases zusammenstellbar ist. Der Kork enthält eine Öse aus Kupferdraht, in welche man das vorher genau abgemessene, dann V-förmig gebogene Metallbändchen hängt. Die Säurefüllung darf nur soweit reichen, daß das Bändchen nicht eintauchen kann, vielmehr von dieser erst umspült wird, wenn man nun das Ganze (sofort über einem Meßzylinder) umdreht. Damit keine Gasbläschen entweichen, ist es notwendig, sehr dünne Salzsäure zu verwenden. Die Vorrichtung soll nur dazu dienen, um Tatsachen für das Gesetz der konstanten Reaktionsverhältnisse zu beschaffen. Darum macht gleichzeitiges Arbeiten in der Reihe die Ablesung von Druck und Temperatur entbehrlich. — Belege: I. 1 mm Magnesiumband entwickelte (13 Versuche) 3mal 0,65 ccm; 3mal 0,725 ccm; 5mal 0,75 ccm; 2mal 0,8 ccm bei Gesamtlängen zwischen 10 und 25 mm. —

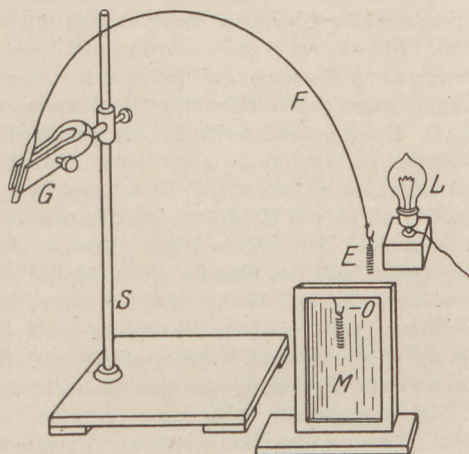


II. 14 Versuche mit 2 cm-Bändchen: 2mal 16,2 ccm; 10mal 17,0 ccm; 2mal 17,5 ccm. Die Ergebnisse stammen aus der Übung einer 5. bayerischen Realschulklasse.

Berichte.

1. Apparate und Versuche.

Versuch über die Gewichtszunahme der Metalle beim Veraschen. In dem Konrad Kraus-Heft der Zeitschr. f. Lehrmittelwesen u. pädag. Literatur (XV. Jahrg., 1919, Nr. 9) be-



schreibt H. KELLERMANN einen Versuch, der beim Fehlen einer genügend empfindlichen Waage sich mit einfachsten Mitteln in der Volksschule anstellen läßt. Ein Glasrohr *G* (s. Figur) von etwa 0,8 cm Durchmesser wird zu einem feinen, etwa

1 m langen Glasfaden ausgezogen und dessen Ende durch vorsichtiges Erwärmen in einer ganz kleinen Spiritusflamme zu einem Häkchen umgebogen. An dieses hängt man eine Eisenspirale *E*, die aus dünnem Eisendraht, 50 cm lang, 0,3 g schwer, recht eng gewickelt ist. Bei der in der Figur dargestellten Anordnung biegt sich der Faden unter dieser Belastung bogenförmig. Stellt man hinter *E* eine Glühlampe *L*, vor *E* einen Mattglasschirm *M*, so erhält man auf letzterem ein Schattenbild der Spirale und kann die Stellung des Häkchens durch einen Bleistiftstrich kenntlich machen. Hängt man die Spirale ab, so schnellt der Glasfaden zurück, stellt sich aber beim Wiederanhängen genau auf dieselbe Marke ein. Glüht man aber die abgehängte Spirale nunmehr in der Bunsenflamme und hängt sie darauf wieder an, so stellt sie sich tiefer ein, woraus man auf die Gewichtszunahme beim Verbrennen schließen muß. Man kann auch ein Bild der Spirale auf einen weißen, dahinter stehenden Schirm werfen oder ein Skioptikon benutzen. Die Versuchsanordnung empfiehlt sich namentlich auch dadurch, daß Schüler diese „Glasfadenwaage“ leicht zu Hause nachmachen und mit ihr weitere Versuche anstellen können.

P.

2. Forschungen und Ergebnisse.

Geophysikalische Messungen. Von R. v. Eötvös¹⁾. Der im vorigen Jahre verstorbene ungarische Physiker hat sich besonders durch seine Gravitationsuntersuchungen ausgezeichnet. Zur Bestimmung der Gravitationskonstante benutzte er nicht, wie Cavendish, die Ablenkung eines Drehwagebalkens, sondern die Veränderung seiner Schwingungsdauer unter dem Einfluß anziehender Massen. Die Drehwaage bestand aus einem, an den Enden mit Messingkugeln belasteten leichten Stab und wurde zwischen zwei Bleisäulen aufgestellt. Die Schwingungsdauer wurde bestimmt, wenn der Stab in Richtung der Bleisäulen stand, und in der dazu senkrechten Richtung; sie betrug im ersten Falle 640, im zweiten 860 Sek. Bei einer anderen Versuchsanordnung waren die ablenkenden Gewichte an den Enden einer Metallschiene befestigt, die unterhalb des Drehwagebalkens ebenfalls drehbar angebracht war, und wurden in, der Schwingungsdauer des Wagebalkens gleichen, Perioden aus einer Lage in die andere umgestellt, wodurch

mit geringen anziehenden Wirkungen große Endelongationen des Wagebalkens erzielt werden konnten. Die große Empfindlichkeit dieser Drehwaage gab die Möglichkeit, das Problem der Proportionalität von Trägheit und Massenanziehung zu untersuchen; es wurde bestätigt, daß die Attraktion von der stofflichen Beschaffenheit der Körper unabhängig ist.

Eine noch empfindlichere Drehwaage konstruierte Eötvös zur Bestimmung der räumlichen Variationen der Schwerkraft. Der Aufhänge draht dieses Schwerevariometers war aus Platin-Iridium und hatte eine Dicke von 0,04 mm. Das Gehänge bildete ein Balken aus Aluminium, an dessen einem Ende ein Platinblättchen angebracht war, während am anderen Ende an einem dünnen Draht ein etwa 30 g wiegender Platinstab hing. Der Balken hatte so ein sehr hohes Trägheitsmoment. Zum Schutz gegen äußere Einflüsse war das Gehänge in ein dreifaches Metallgehäuse eingeschlossen. Das ganze Instrument war auf einem massiven Sockel montiert und um eine vertikale Achse drehbar. Beobachtet wurde mit Spiegel und Fernrohr. Vor jeder Beobachtung

¹⁾ D. Pekár, Die Naturwissenschaften 7, 149, 387 (1919); Ann. d. Physik 59, 743 (1919).

wurde die Gleichgewichtslage festgestellt. Die erste Messung wurde mit nord-südlicher Lage des Instruments vorgenommen; dann erfolgten vier weitere Messungen, indem das Instrument stundenweise um je 72° gedreht wurde. Um die Langwierigkeit der Messungen herabzusetzen, benutzte Eötvös später zwei nebeneinander, um 180° gegeneinander gedrehte, aber auf gleichem Sockel stehende Schwerevariometer, mit denen gleichzeitig beobachtet werden konnte, so daß dann drei Lagen hinreichten.

Ist U das Potential der Schwerkraft, g die Gravitationskonstante, x die nach Norden, y die nach Osten, z die senkrecht abwärts gerichtete Achse, so lassen sich aus den Beobachtungen die vier Werte:

$$(1.) \frac{\partial^2 U}{\partial x \partial z} = \frac{\partial g}{\partial x}, \quad (2.) \frac{\partial^2 U}{\partial y \partial z} = \frac{\partial g}{\partial y},$$

$$(3.) \frac{\partial^2 U}{\partial y^2} - \frac{\partial^2 U}{\partial x^2} = p \quad \text{und} \quad (4.) \frac{\partial^2 U}{\partial x \partial y} = q$$

berechnen. Diese Größen enthalten auch die Einwirkungen der sichtbaren Unebenheiten der unmittelbaren Umgebung, die durch Nivellierung bestimmt werden können und abzuziehen sind. Zieht man von den so erhaltenen „topographischen Werten“ die „Normalwerte“ ab, so erhält man die eigentlichen Gravitationsstörungen, die teils von sichtbaren Massen (Bergen), teils von unterirdischen Massen herrühren. Da die ersteren auch auf Grund der Karten festzustellen sind, kann man letztere gesondert erhalten. Aus den Formeln (1.) und (2.) erhielt man den Gradienten der Schwerkraft in horizontaler Richtung, der in 10^{-9} C. G. S.-Einheiten ausgedrückt wurde. Die Linien, welche Punkte gleicher Schwerkraft miteinander verbinden (Isogammen) geben einen guten Einblick in die unterirdischen Verhältnisse. Die so erhaltenen Karten lassen erkennen, wie die Felsmassen der Berge sich unterirdisch fortsetzen und enthüllen unterirdische, von Sedimenten bedeckte Gebirgszüge. Die aus den Formeln (3.) und (4.) zu erhaltenden Größen p und q geben Aufschlüsse über die Gestalt der Niveaufläche der Erde. Ist λ der Winkel, den die Hauptebene des größten Krümmungsradius der Niveaufläche an einer Stelle mit der xz Ebene einschließt, so ist $\operatorname{tg} 2\lambda = 2q/p$, d. h. man erhält die Abweichung der Krümmung der Niveaufläche von der Kugelfläche und die Richtung der Hauptkrümmungen. Verbindet man die Punkte gleicher Lotabweichungen miteinander, so erhält man die Linien gleichen Potentials, die den von den Isogammen gegebenen Anschluß vervollständigen. Zur Ergänzung aller so gefundenen Ergebnisse müssen natürlich geologische Erfahrungen hinzugenommen werden. Viele schon bekannte Tatsachen über die Struktur der unterirdischen Massen

wurden durch Messungen mit dem Schwerevariometer bestätigt. So das Vorhandensein von Salzlagern in Siebenbürgen, die Tiefe der Thermenquellen bei Budapest, das Ölvorkommen bei Egbell usw. Auch für die Genauigkeit der Gradmessungen ist die Kenntnis der Gravitationsstörungen in den vermessenen Gebieten von großer Wichtigkeit.

Von besonderer Bedeutung ist auch Eötvös' experimenteller Nachweis der Schwereänderung eines auf der Erde ost- oder westwärts bewegten Körpers. Veranlassung dazu gaben Schwerkraftbestimmungen, die O. Hecker im Auftrage des preußischen geodätischen Instituts im atlantischen, indischen und stillen Ozean ausführte. Diese beruhten auf dem Verfahren von H. Mohn, bei dem aus dem Unterschiede der gleichzeitigen Messung des Siedepunkts und des Standes eines Quecksilberbarometers die auf das Quecksilber außer dem Luftdruck noch einwirkende Schwerkraft berechnet werden konnte. Eötvös zeigte nun, daß Hecker die Bewegung des Schiffes nicht mit in Rechnung gestellt habe, indem ostwärts bewegte Körper wegen ihrer größeren Zentrifugalkraft eine geringere, westwärts bewegte eine größere Schwere aufweisen müßten. Hierbei wird die Änderung der Schwere $\Delta g = -2\Omega \cos \varphi \frac{dy}{dt}$,

wo Ω die Umdrehungsgeschwindigkeit der Erde, φ die geographische Breite, y die Ostrichtung bedeuten. Für 1 cm/sec Beschleunigung und 1 g Masse unter dem 45. Breitengrade ist $\Delta g = -0,000103$. Daraus würde sich ergeben, daß z. B. ein Mann von 100 kg Gewicht auf einem Spaziergange bei 1 m Geschwindigkeit um etwa 2 g leichter ist, wenn er nach Osten als wenn er nach Westen fortschreitet.

Zur Untersuchung dieser Erscheinung benutzte Eötvös einen um eine vertikale Achse rotierenden Wagebalken, an dessen Enden sich statt der Schalen größere Gewichte befanden. Bei gleichmäßiger Drehung bewegen sich diese Massen periodisch nach östlicher und nach westlicher Richtung und erleiden dabei infolge der Schwereänderungen periodische Schwingungen. Diese Schwingungen wurden durch einen auf der Drehungsachse angebrachten horizontal liegenden Spiegel sichtbar und meßbar gemacht. Würde die durch ein Uhrwerk bewirkte Umdrehungsgeschwindigkeit des Wagebalkens mit dessen Schwingungsdauer in Resonanz gebracht, so verstärkten sich die zuerst nur geringen Schwingungen. Die aus ihnen zu messende Wirkung wurde durch Kompensation mit einer elektromagnetischen Kraft ermittelt. Dazu wurden Magnete vertikal am Wagebalken befestigt und der in einer benachbarten Spule kreisende Strom

so lange variiert, bis die Schwingungen der rotierenden Wage völlig aufhörten. Aus den hierbei erhaltenen Daten ließ sich die Schwereänderung berechnen. Die Versuche ergeben zugleich einen neuen Beweis für die Achsendrehung der Erde.

Schk.

Die optischen Eigenschaften von Kristallen im langwelligen Spektrum. Von H. RUBENS, z. T. in Verb. mit TH. LIEBISCH¹⁾. Das Reflexionsvermögen fester, flüssiger Körper und regulärer Kristalle war von RUBENS schon früher im Spektralbereich 22—30 μ untersucht worden. Die jetzigen Untersuchungen wurden auf Kristalle der übrigen Systeme ausgedehnt. Wegen der Doppelbrechung war es nötig, mit polarisierten Strahlen zu arbeiten. Wie bei den früheren Versuchen wurden die Reststrahlen von Flußspat, Arragonit, Steinsalz, Sylvin, Bromkalium, Jodkalium, ferner die mit der Quarzlinse methode isolierten langwelligen Strahlen des Auerbrenners und der Quecksilberlampe (Wellenbereich 22—310 μ) benutzt. Die Reststrahlen wurden durch Reflexion an einem Selen Spiegel unter 68¹/₂° geradlinig polarisiert; als Polarisator für die langwelligen Strahlen der Auer- und Quecksilberlampe diente ein Hertzsches Gitter aus dünnen Platindrähten. Für die einachsigen Kristalle genügte eine parallel der optischen Achse geschnittene Platte, bei den zweiachsigen waren zwei in den Symmetrieebenen geschnittene Platten erforderlich, um das Reflexionsvermögen der in den drei kristallographischen Hauptachsen schwingenden Strahlen ermitteln zu können. Untersucht wurden zunächst Kristallplatten aus Quarz, Kalkspat, Apatit, Baryt, Cölestin, Arragonit; bei Dolomit, Turmalin, Anglesit, Anhydrit, Cerussit mußten die Platten aus einzelnen Stücken mosaikartig zusammengesetzt werden. Später wurden die Untersuchungen auf eine größere Zahl von Kristallen aller Systeme, auch des rhombischen und monoklinen Systems (Topas, Witherit, Adular, Malachit, Spodumen) ausgedehnt.

Zur Messung des Reflexionsvermögens wurden die zu untersuchenden Kristallplatten horizontal festgelegt und die durch einen Selen Spiegel polarisierten Strahlen von der Platte bei einem kleinen Einfallswinkel reflektiert und zu den Reststrahlenplatten und dem Thermoelement eines Mikroradiometers geleitet. An die Stelle der Kristallplatte wurde dann ein Silberspiegel gebracht und die Reflexion an diesem bestimmt. Das Verhältnis beider Reflexionsintensitäten er-

gab das Reflexionsvermögen der Platte. Für die Quarzstrahlenmethode wurde die Anordnung zweckentsprechend abgeändert. Spektrometrische Messungen des Reflexionsvermögens wurden für Quarz und Kalkspat zwischen 15 und 20 μ mit Hilfe eines Sylvinprismas, zwischen 20 und 32 μ mit einem Drahtgitter ausgeführt. Das Reflexionsvermögen für den ordentlichen und den außerordentlichen Strahl wurde nach der Methode von Merritt mit natürlichem Licht bestimmt. Die Ergebnisse der Messungen wurden in Kurven dargestellt, deren Abszissen die Wellenlängen, deren Ordinaten die Reflexionsvermögen in Prozenten der auffallenden Strahlung waren. Für Quarz und Kalkspat zeigen diese Kurven sowohl für den ordentlichen als für den außerordentlichen Strahl in dem gemessenen Bereich zwei Maxima. Auch die anderen Kristalle zeigten für die Hauptschwingungsrichtungen meistens zwei Maxima, unter ihnen die Bleiverbindungen Anglesit und Cerussit ein sehr hohes Reflexionsvermögen bei langen Wellen. Berechnet man das Reflexionsvermögen für unendliche Wellen R_∞ mit der Fresnelschen Formel $R_\infty = 100 \left(\frac{\sqrt{D} - 1}{\sqrt{D} + 1} \right)^2$ aus

der Dielektrizitätskonstante D , so erhält man Werte, die mit den aus der Quecksilberstrahlung beobachteten Werten R_{300} fast übereinstimmen. Da jene Formel nur bei Vernachlässigung des Extinktionskoeffizienten benutzbar ist, so wurde die Durchlässigkeit der Kristalle für die langwellige Quecksilberstrahlung bestimmt; sie erwies sich in der Tat als so groß, daß jene Vernachlässigung berechtigt erschien. Auch beim Vergleich der auf optischem und elektrischem Wege bestimmten Dielektrizitätskonstanten zeigte sich befriedigende Übereinstimmung. Die optisch erhaltenen Werte D_{300} waren meist ein wenig, bisweilen erheblich größer als die mit Hilfe der Hertzschen Wellen beobachteten D_∞ . In fast allen Fällen aber, in denen größere Abweichungen vorkamen, waren diese aus dem Verlauf der Reflexionskurven voranzusagen und als Folge einer jenseits 300 μ vorhandenen anomalen Dispersion anzusehen.

Eine besondere Untersuchung stellte RUBENS an über die Drehung der optischen Symmetrieachsen monokliner Kristalle. Während die Dispersion dieser Achsen im sichtbaren Spektrum nur gering ist, zeigte sie sich bei langen Wellen als sehr bedeutend. Auch hier wurde wieder das Reflexionsvermögen einer parallel zur (010) Ebene geschnittenen Kristallplatte bestimmt, indem die Platte, parallel mit sich selbst gedreht, in 8—16 verschiedenen Lagen untersucht wurde. Die Kurven, welche das Reflexionsvermögen als Funktion des Drehungswinkels darstellen, haben

¹⁾ Sitzungsber. d. Preuß. Akad. d. Wissensch. Jahrg. 1919, S. 198, 876, 976; Zeitschr. f. Physik 1, 11 (1920).

den Charakter von Sinuslinien und zeigen zwischen 0° und 180° je ein scharfes Maximum und Minimum. Diese Maxima und Minima ließen dann die Lage der optischen Symmetrieachsen erkennen. Für zunehmende Wellenlängen waren sie nach bestimmter Richtung gedreht. Bei Adular war die Drehung der optischen Symmetrieachsen in dem zwischen 22 und 110μ , bei Gips und Augit in dem unterhalb 83μ liegenden Wellenbereich beträchtlich. Dagegen zeigten die drei Kristalle im langwelligsten Teil des ultraroten Spektrums, in dem sie wieder erhebliche Durchlässigkeit besitzen, jene Erscheinung nur noch in geringem Maße, und es war die Frage zu entscheiden, ob die Lage der optischen Symmetrieachsen für die langwellige Quecksilberdampfstrahlung bereits angenähert mit der Lage der dielektrischen Achsen des Kristalls übereinstimmt. RUBENS bestimmte diese nach Wiedemann mit positiven Lichtberg'schen Figuren, indem er auf die Kristallplatte ein Pfennigstück legte, dann Mennige hinaufstreute und einen positiven Funken auf das Geldstück überspringen ließ. Es entsteht dann eine elliptische Büschelfigur, deren kleinste Achse der Achse größter Dielektrizität entspricht. Bei Adular wurden die dielektrischen Achsen nach einem von Root angegebenen Verfahren ermittelt. Eine parallel zur (010) Ebene geschnittene Platte des Kristalls war an einem Coconfaden zwischen Kondensatorplatten aufgehängt, die mit einem elektrischen Schwingungskreis verbunden waren. Sobald ungedämpfte elektrische Schwingungen erregt wurden, pendelte die Platte um eine zu bestimmende Ruhelage, aus der die Richtung der dielektrischen Achse hervorging. Es ergab sich, daß bei den vier untersuchten monoklinen Kristallen (Adular, Gips, Augit, Rohrzucker) die Hauptschwingungsrichtungen für die langwellige Quecksilberdampfstrahlung mit den nach den verschiedenen Methoden bestimmten dielektrischen Achsen annähernd übereinstimmten. Diese Übereinstimmung der optischen und elektrischen Vorzugsrichtungen in den Kristallen bildet eine neue Bestätigung der elektromagnetischen Lichttheorie. Der Übergang der optischen Konstanten in die elektrisch gemessenen Werte vollzieht sich in einem Teile des langwelligen Spektrums, der der Untersuchung durch optische Hilfsmittel noch zugänglich ist.

Schk.

Ein neuer Effekt der Strahlung. Von F. WEIGERT¹⁾. Wie bereits Seebeck fand, ist Chlorsilber, das durch Reduktionsmittel oder durch Belichtung teilweise reduziert ist, farbenempfindlich, und zwar sind, wie Wiener fest-

stellte, die dabei auftretenden Farben Körperfarben und nicht Interferenzfarben. WEIGERT ließ polarisiertes farbiges Licht auf die lichtempfindliche Schicht fallen und fand diese bei der Betrachtung durch ein Nicol'sches Prisma dichroitisch. Der Versuch gelingt schon mit gewöhnlichem lichtempfindlichem Papier, wenn man es im diffusen Tageslicht dunkel anlaufen läßt und dann den Krater einer Bogenlampe, deren Licht durch ein Wasserfilter, eine rote Glasscheibe und ein Nicol gegangen ist, darauf projiziert. Man erhält dann einen roten Fleck, der durch ein Nicol betrachtet, ein deutliches An- und Abswellen der Intensität erkennen läßt, indem bei gleicher Polarisationssebene mit dem ursprünglichen Licht ein Maximum, bei senkrechter Richtung dazu ein Minimum zu sehen ist. Auch Chlorsilberkollodiumemulsion auf Glasplatten, ebenso Chlorsilbergelatineemulsionsplatten eignen sich für den Versuch. Außer der Fixierung der Polarisationssebene des erzeugenden Lichts zeigten sich die gefärbten Stellen auch doppelbrechend. Man konnte mit Hilfe des Polarisationsmikroskops die Richtung der Polarisationssebene ebenso scharf feststellen, wie durch Beobachtung des Dichroismus. Die stärkste beobachtete Doppelbrechung entsprach einer Verzögerung des in der Ebene des elektrischen Vektors schwingenden gegen den senkrecht dazu schwingenden Strahl um etwa $0,05 \mu$. Da die Schicht nur wenige Tausendstel mm dick ist, so wäre dies eine Doppelbrechung von der Größenordnung des Quarzes. Bei Benutzung gelben und grünen Lichts wurden Dichroismus und Anisotropie ebenfalls beobachtet, bei blauem und violetttem Licht dagegen nicht. Wohl aber bei Bestrahlung mit weißem polarisiertem Licht, wo die geschwärzten Stellen bei Beobachtung mit parallelen Nicols am hellsten, bei gekreuzten Nicols am dunkelsten waren. Auf einer Chlorsilberkollodiumplatte ließen sich die Farben des Spektrums von Rot bis Grün dichroitisch abbilden; im Blaugrün war die Doppelbrechung gerade noch merklich. Auch im Ultrarot war noch ein kleines Stück bis etwa $900 \mu\mu$ geschwärzt. Zwischenschaltung einer doppelbrechenden Kristallplatte (Glimmer) ergab, daß die Polarisationsrichtung der größten Helligkeit von der Dicke der Platte abhängig ist. Ein Quarzkeil in 45° -Stellung zwischen Erregernicol und lichtempfindlicher Platte ließ durch das Beobachtungsnicol dunkle und helle Interferenzstreifen parallel der Keilkante erkennen, die beim Drehen des Nicols ihre Plätze vertauschten.

Auch an Kollodiumschichten, die mit lichtempfindlichen Farbstoffen, wie Pinacyanol gefärbt sind, ließen sich Dichroismus und Doppelbrechung beobachten. Diese sind hierbei von der Bestrahlungsdauer abhängig, was sich mit dem Babinet-

¹⁾ Verh. d. Deutschen Phys. Ges. 21, 479, 616, 623 (1919)

schen Kompensator gut verfolgen ließ. Nach 1 Sek. war die Doppelbrechung eben nachweisbar, stieg schnell an, erreichte nach 2 Min. ein Maximum und fiel allmählich; nach 10 Min. war der Farbstoff praktisch völlig verschwunden. Wenn man bei Photochloridplatten die Polarisations ebene während der Belichtung drehte, so konnte die Wirkung auch ohne Analysator direkt sichtbar gemacht werden. Durch Fixieren wurde der Effekt nicht zum Verschwinden gebracht.

Aus den Versuchen geht also hervor, daß man die Polarisations ebene des Lichts photogra-

phisch festlegen und isotrope Schichten durch Bestrahlung doppeltbrechend machen kann. Die vom Verf. gegebene Theorie des Effekts stützt sich auf die Annahme von abstoßenden Kräften in absorbierenden Teilchen. Die von den Chlor-silberteilchen absorbierten Energiequanten geben eine photochemische und eine photokinetische Wirkung. Bei langwelliger Strahlung ist die erstere gering, die zweite dagegen groß und führt zu starken Verschiebungen, die bei polarisiertem Licht dichroitische Färbung und Doppelbrechung in Bindemittel hervorrufen. Schk.

3. Geschichte und Erkenntnislehre.

Eine allgemeine Erkenntnislehre. In der Sammlung „Naturwissenschaftliche Monographien und Lehrbücher“, herausgegeben von Arnold Berliner und Richard Pütter, hat MORIZ SCHLICK als 1. Band eine „Allgemeine Erkenntnislehre“ veröffentlicht¹⁾. Die Vorrede sagt, daß das Ms. am 3. Juni 1916 abgeschlossen war, also schon zur Zeit, als das Büchlein SCHLICKS „Raum und Zeit in der Relativitätstheorie“ erschien, zu dem ich Stellung genommen habe in dem Aufsatz „Zur physikalischen Didaktik und zur physikalischen Philosophie“ (Jahrg. 1918, Heft 1 und 2). Vor allem zeigt die dort belobte Klarheit der Darstellung auch das vorliegende viel größere Buch und gern berichtige ich die in dieser Abhandlung angedeutete Vermutung, auch SCHLICK sei als Physiker nur Amateur in Philosophie. Denn seine „Allgemeine Erkenntnislehre“ nimmt nun Stellung zu allen belangreichen Ansichten alter wie neuester Philosophen, so daß aus ihr jeder, nicht nur der Naturwissenschaftler, reiche Belehrung und Anregung empfängt. Darf ich diesem objektiven Tatbestand etwas Subjektives hinzufügen, so muß ich mein Urteil über die einzelnen Begriffe und Sätze des Buches dahin aussprechen, daß ich einer ungefähr ebenso großen Zahl lebhaft zustimme, wie einer anderen widerspreche (d. h. längst widersprochen habe und widersprechen werde in meiner Erkenntnistheorie; sie folgt meiner Logik, 1920, 924 S.). Hauptbeispiel von ersteren sei hier, was SCHLICK sagt gegen KANTS „reine Anschauungen“, aber auch gegen MACH und andere Phänomenalisten, Positivisten, Immanentisten usw. Scheu vor dem „Ding an sich“. Als Beispiel der anderen Ansicht: SCHLICKS Abneigung gegen Evidenz, S. 129 ff. Da dieses erkenntnistheoretische Kriterium auch in meiner Logik den Leitbegriff, ja das Herzstück ausmacht und ich nicht gern evidenzlos, etwa nur aus Gewohnheit, meiner Zuneigung zu den Begriffen Evidenz =

Einsicht, treu zu bleiben scheinen möchte (auch führt SCHLICK mich an dieser einzigen Stelle, S. 130, an, nämlich meine „Grundlehren der Logik“), so verweile ich einen Augenblick bei SCHLICKS Hinweis auf „die Erfahrungstatsache, daß ein Evidenzerlebnis sich auch bei notorisch falschen Urteilen einstellt. Jede falsche, mit aufrichtigem Eifer verfochtene Bejahung ist eigentlich ein Beispiel dafür“. Das nenne ich (H.) ebenso ein *πρωσιον ψεδδος*, wie zwei Seiten später (S. 132) SCHLICK behauptet, es sei „die Evidenzlehre voller Unstimmigkeiten und Widersprüche“. Als Verteidiger der Evidenz behauptete natürlich auch ich, daß in diesem Falle „nicht die richtige, die echte Evidenz erlebt wurde“. Aber nicht darüber wollen wir jetzt streiten, sondern über SCHLICKS (wie fast aller Evidenzgegner) Verwechslung zwischen „Das ist evident“ und „Das halte ich für evident. Letzteres „für-wahr-halten“ kann so gut falsch sein, wie jedes andere Urteil, das nicht evident ist. Diese Unterscheidung könnte sich freilich nicht leisten z. B. ein immanenter Philosoph, für den *esse = percipi* oder „ist = für-seiend gehalten werden“. Zu dieser Art Erkenntnistheoretiker aber gehört SCHLICK nicht; denn kurz vorher (S. 129) hatte er ja sogar gesagt: „Die Grundlagen alles Wissens sind nämlich weder gewiß noch ungewiß, sondern sie sind einfach. Sie leuchten nicht ein und brauchen nicht einzu-leuchten, sondern sie sind selbständig, selbstgenügsam da“. Nach meiner L und ETH geht auch das noch viel zu weit; denn man könnte fragen: Was nützen mich Grundlagen alles meines Wissens, wenn sie nicht nur ein-, sondern sozusagen nur nach außen „leuchten“? Doch genug dieser Einladungen zu künftigen Weiterstreiten, sobald SCHLICK zu ihm geneigt sein sollte nach Kenntnisnahme meiner L² „§ 51, Evidente und evidenzlose Urteile“; da findet er manche seiner Bedenken schon gewürdigt (und ich hoffe: berichtigt). Bis dahin wird aber vielleicht ein Gedankenexperiment genügen, das ich hiermit vorschlage: Auch SCHLICK gebraucht vor

¹⁾ Berlin, Julius Springer, 1918, 346 S. M. 18,—, geb. M. 20,40.

und nach seinem Angriff auf die Evidenz sehr oft das Wort Einsicht. Er versuche nun überall dort, wo er gesagt hat, daß etwas mit Einsicht behauptet werde, zu setzen: „ohne Einsicht“. Wäre wirklich Evidenz = Einsicht = Null, so dürfte das den Sinn aller jener Stellen gar nicht ändern; denn aus der Gleichung $x = -x$ folgt $x = 0 = +0 = -0$ und umgekehrt. Werden aber alle Verächter der Evidenz auch ohne alle Einsicht auskommen wollen? Würden sie es nicht als Vorwurf empfinden, wenn man ihnen sagte, daß sie einsichtslos geurteilt haben? Oder in unserem besonderen Falle: Möchte SCHLICK auch nur seine „Zuordnungen“ vollziehen ohne Einsicht (z. B. das Wort „braun“ zuordnen seinem aus der Ferne erblickten Tiras)? Hiermit habe ich schon vorgegriffen einer Prinzipienfrage:

An der Spitze des Buches wird „Das Wesen der Erkenntnis“ besprochen und behauptet: Alles Erkennen = Wiedererkennen. Ausgangsbeispiel ist: Ich gewahre in der Ferne ein bewegliches braunes Etwas und erkenne es in der Nähe als meinen eigenen Hund Tiras. Und wie im täglichen Leben enthüllt sich auch beim Erkennen in der Wissenschaft der Kern jedes Erkenntnisprozesses als ein Wiederfinden. Dann zahlreiche Beispiele (daß die Eigenschaften und Gesetze der Lichtausbreitung identisch sind mit den Eigenschaften und Gesetzen der Fortpflanzung von Wellen u. dgl.). Aber wenn ich „ein braunes Etwas“ „gewahre“ — ist nicht auch das schon ein Erkennen? Und ist es das nur, weil ich merke, daß ich dem Gesehenen das Wort braun „zuordnen“ dürfe und müsse? Also alles nur „Zuordnen“, dieses Lieblings-, wenn nicht Erlösungswort so ziemlich aller unserer gegenwärtigen ganz exakt sein oder werden wollenden Wissenschaft. Auch hierüber weiter kein allgemeiner Streit. Alles käme dann auf Vergleichungsrelationen hinaus. Ich aber glaube, daß es über diese hinaus auch noch Zusammenhänge- (Abhängigkeits-, Notwendigkeits-) Relationen gibt. Jene leisten das „Beschreiben“, diese das „Erklären“. Auch hierüber in meiner L² „§ 86, Beschreiben und Erklären als die beiden Hauptaufgaben der Forschung“ alles Nähere. — Im Abschnitt „Was Erkenntnis nicht ist“ (S. 70) wendet sich SCHLICK „gegen die Redewendung, die das Erkennen als ein Erfassen bezeichnet und die nur wenige Denker zu vermeiden wußten“. Auch ich nicht. Sondern ich definiere: „Erkennen ist ein Denken, das und insoweit es Gegenstände erfaßt“, nämlich in evidenten

Urteilen. Doch vielleicht schon zu viele solcher Stichproben von Einzelheiten.

Wirklich grundlegend (im doppelten Sinn) dagegen wollen sein die Eingangsworte der Vorrede zur Begründung, daß und warum ein philosophisches Buch in einer den „Naturwissenschaften“ gewidmeten Serie und als deren erster Band erscheint. In „Naturwissenschaft und Philosophie. Vier Studien zum Gestaltungsgesetz“ (Studien I erscheinen soeben in den Sitzungsberichten der Wiener Akademie der Wissenschaften, phil.-hist. Klasse) stelle ich an die Spitze ein Unabhängigkeitsprinzip: „Naturwissenschaft ist ganz unabhängig von Philosophie“ und ein Abhängigkeitsprinzip: „Philosophie ist vielfach abhängig von Naturwissenschaft“. Da ich dort u. a. daran erinnert habe, daß der ganzen „Enzyklopädie der Physik“ (innerhalb deren u. a. HELMHOLTZ seine Physiologische Optik veröffentlicht hat) an der Spitze eine sehr umfangreiche „Naturphilosophie“ von HARMS stand, so habe ich im Anhang II zu diesen Studien I versprochen, hier in dieser Anzeige auf die Gründe einzugehen, aus denen SCHLICK „dem Vorschlage des Verlegers, das Buch in die Serie der ‚Naturwissenschaften‘ aufzunehmen, freudig zugestimmt“ hat. Leider verbietet es mir nun aber der auch hier beschränkte Raum, jenes Versprechen schon jetzt einzulösen (ich verschiebe das auf das Schlußwort zu Studien IV). Für jetzt nur SCHLICKS Satz (S. IX): „Als eine Allgemeine Erkenntnislehre wurde der Inhalt der folgenden Blätter bezeichnet, weil die Untersuchungen ganz auf die obersten, letzten Prinzipien gerichtet sind“. Spricht nicht auch dieses Wörtchen „letzten“ dafür, daß man sich das Studium einer Erkenntnistheorie so lange aufspare, bis man, sagen wir aus hinreichend vielen naturwissenschaftlichen Monographien und Lehrbüchern, die Naturforscher und Naturlehrer selbst hat Erkenntnispraxis treiben sehen? Erst wenn man sich im Primären, dem Natur-Erkennen betätigt hat, mag man sekundär (und tertiär „kritisch“) über das Denken denken, das Erkennen erkennen. Daß aber der Verfasser seine Beispiele unbeschadet der Allgemeinheit seiner Erkenntnislehre mehr den Natur- als den Geisteswissenschaften, am öftesten der Physik entnimmt, gibt dem Buche allerdings Anspruch, gerade in diese Serie aufgenommen zu werden, gleichviel ob am Anfang oder am Ende. — Ob die weiteren Bände der naturwissenschaftlichen Serie sich als von SCHLICKS Philosophie abhängig oder unabhängig zeigen und erweisen werden? A. Höfler.

Neu erschienene Bücher und Schriften.

Wirklichkeitsblinde in Wissenschaft und Technik. Von A. RIEDLER. Berlin, Springer 1919, 198 S. M. 5,—.

Das Vorwort beginnt mit einer Kriegserklärung: „Der Gegensatz zwischen Theorie und Erfahrung, zwischen (Schul-)Lehre und Leben ist so alt wie das Streben nach Wahrheit. — Seit Platons Lehre, das Wirkliche sei nicht Ausdruck der Ideen, diese allein seien das Urbild der Dinge und leitendes Vorbild, seitdem ist kein Ende des Überwertens der Ideen, in die alles hineingedeutet wird, was den Gegensatz vergrößert, alles Wirklichkeitsferne, Weltfremde, alles Hergerichtete, alles, was der herrschenden Lehrrichtung dienen kann, und das Unwirkliche wird als das Ideal, als die wahre Wissenschaft und vor allem als das Humane hingestellt, als das allein Gute, Wahre, Schöne. Das Lebendige fehlt jedoch, das Wirkliche, unvermeidlich Veränderliche, das Widerspruchsvolle. . . . So wird es bleiben, solange Gelehrte Richtung und Inhalt der Lehre bestimmen. — Die Wirklichkeitsblinden herrschen und die Jugend muß endlich gewarnt werden vor sachblinder Lehre, vor der tief schädigenden Meinung, es genügen Ideen und Grundsätze und Rechnungen, um die Aufgaben des Lebens zu bewältigen“. Solche Anlagen gehen auch unsere Zeitschrift lebhaft an, da sie dem Wirklichkeitsunterricht durch zwei realistische Unterrichtsfächer dient. Doch verbietet der Raumangel, auf den reichen (und etwas bunten) Inhalt einzugehen, wiewohl er auch vieles unmittelbar für Physiker und Physiklehrer enthält: so neue Ansichten über Reibung, Festigkeit u. dgl. Dann aber auch erkenntnistheoretische Thesen, wie S. 190: „Die wissenschaftlichen Grundlagen (zunächst von Technikern) müssen beherrscht werden, jedoch muß die wirkliche Natur der Dinge richtig erkannt werden, nicht die exakt hergerichtete. Schule und Hochschule verfehlen das Ziel durch die abstrakte Lehre, die auf Annahmen ruht, die der Wirklichkeit nie entsprechen, die einseitig, selbstgewählte Zusammenhänge an Stelle der wirklichen setzen, z. B. starre Körper voraussetzen, die es gar nicht gibt, oder Bewegung ohne Masse, ohne Widerstände der bewegten Teile, oder einen wirklichkeitswidrigen Wärmezustand usw. Und die Ergebnisse der abstrakten, exakten, also hergerichteten Lehre werden verallgemeinert und dadurch Lehrsätze und Lehrmeinungen an Stelle der unbequemen, vielgestaltigen Wirklichkeit gesetzt. Daraus erwächst das Überschätzen der Theorie“. Aber legt das nicht die Axt an das ganze Verhältnis von Wirklichkeit und Begriff, kürzer und umfassender: von Sein und

Denken? Oft sprach ich logisch-allgemein vom „Unterfahren der Anschauung durch den Begriff“; oder physikalisch konkret: von den Gründen, warum wir z. B. beginnen mit einer Mechanik des Punktes, dann der starren Systeme, dann von vollkommen elastischen u. dgl. Körpern, um schrittweise mit rationalen Begriffen der ewig irrationalen Wirklichkeit uns zu nähern, freilich ohne sie je zu erreichen. — Da die positiven Vorschläge des Buches auf eine Neugestaltung der technischen Hochschulen abzielen, berichte ich darüber gleichzeitig in der Zeitschrift für Hochschulpädagogik, 1. Heft 1920. — Was aber RIEDLERS Angriffe auf die Ideen betrifft, so wird man wohl nicht sogleich ein Idealist im Sinne des Wirklichkeitsblinden sein müssen, wenn man vielmehr einem richtigen Verhältnis von „Idee und Erfahrung“ (vgl. das klassische erste Gespräch zwischen Goethe und Schiller 1794), allgemeiner: wenn man die richtige Verbindung zwischen ideal und real anstrebt, wie ich dies an der Spitze des 30. Jahrganges unserer Zeitschrift versucht habe in dem Leitaufsatz „Die Ideale des Realismus“.

A. Höpfer.

Die induktive Behandlung der philosophischen Propädeutik auf höheren Lehranstalten.

Von Dr. HANS DIRKS. Hahnsche Buchhandlung, Hannover 1919, 64 S.

An der Spitze von § 1: „Zwei Fragen treten bei allen Reformvorschlägen für unsere höheren Lehranstalten immer wieder in den Vordergrund: 1. die verstärkte Pflege deutscher Kultur, 2. die obligatorische Einführung der philosophischen Propädeutik“. Letztere darf sehr stolz sein, unter 2 auf gleiche Stufe gestellt zu werden mit einer so großen und allgemeinen Sache, wie „deutsche Kultur“ unter 1. In § 2: „Wie können wir mit dem geringsten Aufwande von Stunden (!) eine möglichst vielseitige und gründliche Vorbereitung auf die Philosophie erreichen?“ Was dann das Büchlein bietet, ist so vielseitig, daß ich an ein „gründlich“ nicht recht glauben kann. Denn wir in Österreich mit unseren zwei Stunden Logik, zwei Stunden Psychologie in den beiden obersten Klassen berühren nur gelegentlich andere Zweige der Philosophie. DIRKS aber läßt kaum ein Gebiet und kein Problem, wenn es auch noch so groß und schwierig ist, unberührt und schließt (S. 64): „Mögen dann auf der Oberstufe die gesamten philosophischen Erkenntnisse zu einem System in kurzen Umrissen verbunden werden, so wird die hierzu notwendige Zeit sich wohl erübrigen lassen“. Also gar ein philosophisches „System“? — Zugunsten meiner sehr viel bescheideneren Anforderungen kann ich nur wieder

hinweisen auf mein Programm „Zur Propädeutikfrage“ (Wien 1884, Hölder, 100 S.) und auf Bd. IX der „Did. Handbücher“ (Teubner, dessen Erscheinen nur durch Arbeiter- und Papiermangel sich noch verzögert). Unbeschadet der geäußerten Bedenken wird aber das Büchlein, gerade weil es Vieles (vielleicht Zuviel) bringt, jedem Lehrer, der inner- oder außerhalb besonderer Stunden für philosophische Propädeutik philosophisch angeregt wird und anregen will, etwas bringen.

A. Höfler.

Psychologie der Weltanschauungen. Von KARL JASPERS, a. o. Professor a. d. Universität Heidelberg. XII und 428 S. Berlin, Julius Springer, 1919. M. 22,—.

Dies Buch wird für jeden, der sich um Weltanschauungsfragen bemüht, ein Erlebnis bedeuten. Es gibt nicht ein System, noch weniger eine Kritik vorhandener Weltanschauungen, sondern es geht den psychologischen Quellen der verschiedenen möglichen Weltanschauungen nach, indem es die Grenzen unseres Seelenlebens abschreitet, innerhalb deren jede Art der Weltanschauung ihren Platz hat. Dabei zeigt sich, daß man nicht von einer oder einigen Weltanschauungen reden kann, sondern daß vielmehr deren Mannigfaltigkeit unbegrenzt und durch die persönliche Eigenart bedingt ist. Wenn im besonderen heute viel von einer naturwissenschaftlichen Weltanschauung geredet wird, so wird hier ersichtlich, einen wie verschwindend kleinen Raum eine solche in der Gesamtheit der möglichen Weltanschauungen einnimmt. Man lese z. B. in dem Abschnitt „der Halt im Unendlichen“ das Kapitel „der Geist als unendlich und frei“, um zu erassen, daß an derartige Probleme, die für die Weltanschauung von höchster Bedeutung sind, die naturwissenschaftliche Erkenntnis nicht heranreicht. Zur Kennzeichnung des Ganzen seien nur die Kapitelüberschriften mitgeteilt, die schon zur Lektüre anregen können: I. Einstellungen (gegenständliche, kontemplative, mystische, selbstreflektierende, enthusiastische); II. Weltbilder (sinnlich-räumliches, seelisch-kulturelles, metaphysisches); III. die Geistestypen (Skeptizismus und Nihilismus, der Halt im Begrenzten, der Halt im Unendlichen). Eine Fülle lebensvoller Beispiele aus dem Leben und Denken großer Persönlichkeiten ist in die Darstellung eingeflochten. Ein Anhang behandelt Kants Ideenlehre mit Bezug auf das Grundproblem. P.

Theorie der Strahlung und der Quanten. Von Dr. ARTHUR MARCH. VII u. 182 Seiten, mit 36 Figuren. Leipzig, Johann Ambrosius Barth, 1919. M. 12,—, gebunden M. 14,—.

Das Buch behandelt in fünf Abschnitten folgende neuzeitliche Gebiete der Theorie: Thermo-

dynamische und elektrodynamische Theorie der Strahlung, Einführung der Quanten in die Strahlungslehre, Kinetische Theorie der Materie, Quantentheorie der Spektren, Quantentheorie und Thermodynamik, Absoluter Wert der Entropie. Es würde dem objektiven Wert des Buches nur dienlich gewesen sein, wenn auch auf solche Auffassungen und Theorien wenigstens mit einigen Worten eingegangen worden wäre, welche die betreffenden Erscheinungen ohne Quanten zu erklären vermögen; z. B. hätte bei der Ableitung des Strahlungsgesetzes des schwarzen Körpers erwähnt werden können (S. 57), daß man auch auf dem schon von W. Wien eingeschlagenen Wege ohne Energiequanten zur richtigen Strahlungsformel gelangt, sobald man die nur näherungsweise gültige, Maxwell'sche Geschwindigkeitsverteilungsfunktion durch eine bessere, auch der Elektrodynamik Rechnung tragende Verteilungsfunktion ersetzt. — Sehr klar wird in dem Abschnitt „Quantentheorie der Spektrallinien“ die Bohrsche Theorie der Balmerserie dargestellt, sowie die daran anschließenden, neueren Folgerungen. Die „relativistische Keßler-Bewegung“ (S. 134) wird, wenschon nicht in der Überschrift, so doch in der Darstellung so behandelt, daß der Leser die Lorentz'sche Theorie des deformierten Elektrons als ausschlaggebend für die Sache erkennt und nicht auf die Relativitätstheorie angewiesen bleibt. Das Schlußkapitel ist der grundsätzlich wichtigen Frage nach der Größe der Entropiekonstanten gewidmet. — Das Buch gibt in gedrängter Kürze und in geschickter Darstellung des Wesentlichen eine Übersicht über zur Zeit treibende Fragen der Physik und übertrifft an Verständlichkeit und Klarheit viele mathematisch-physikalische Schriften.

E. Gehrcke.

Physiologische Optik, dargestellt für Naturwissenschaftler von Dr. W. E. Pauli und Dr. R. Pauli. 98 S., 2 Tafeln, 70 Textabb. Jena, Gustav Fischer 1918. M. 5,—, geb. M. 7,—.

1. Bau des menschlichen Auges, Strahlengang, Augenspiegel, Akkommodation, Brillengläser, Irradiation. 2. Lichtempfindung, Lichtmischung. Das Farbensehen (Helmholtz), Purkinjes Phänomen, Dämmerungsehen, Duplizitätstheorie, Farbenblindheit, Simultankontrast, Herings Gegenfarbentheorie, Zeit und Lichtempfindung, Webers Gesetz, Photometrie. 3. Sehschärfe, Täuschungen, Sehen mit 2 Augen, zur Theorie der Rauman-schauung, Sehen von Bewegungen. — Quellen-nachweise, Stichwortverzeichnis.

Diese kurze Inhaltsangabe zeigt, daß man in dem Buche vieles beisammen hat, was bisher mühsam zusammen gesucht werden mußte und dessen Kenntnis sowohl für den beobachtenden Forscher wie für den unterrichtenden Lehrer von

größtem Werte ist. Gerade dem letzteren wird das Buch willkommen sein, denn es gibt genaue Anleitung zu zahlreichen Demonstrationen. Die Bedingungen einer wirkungsvollen Darstellung der z. T. wenig bekannten Erscheinungen mit einfachen Mitteln im Hörsaal sind nicht ohne beträchtliche Mühe und viele vergebliche Versuche zu finden. Jeder der sich hiermit einmal befaßt hat, wird die genauen Anleitungen mit Freude begrüßen. Vielen wird das Buch Anregung zu weiteren Studien geben, ihnen wird der sorgfältig gearbeitete umfangreiche Quellenachweis ein guter Führer sein. — So sei denn das angenehm zu lesende Büchlein angelegentlichst empfohlen.

W. Vn.

Alphabetisches Handbuch der Projektion
von Th. Benzinger und Dr. E. Schürman.
Lichtbilderverlag Th. Benzinger, Stuttgart
435. 18 Abb. M. 1,50.

Das Heftchen gibt in einfachster Darstellungsweise Auskunft über die wichtigsten Dinge, die beim Bildwurf mit Glasbildern in Betracht kommen und will besonders bei plötzlich eintretenden Verlegenheiten dem Unkundigen ein Helfer und Berater sein.

W. Vn.

Technisches Denken und Schaffen. eine verständliche Einführung in die Technik, von Professor G. v. HANFFSTENGEL, Dipl.-Ing., Charlottenburg. Mit 153 Textabbildungen. Berlin, J. Springer 1920. Geb. M. 15,—.

Jeder Berufsweig hat seine fest verknüpften Gedankenreihen. Der Sprachler denkt anders als der Naturforscher, anders als der Geschichtler, der Richter, der Techniker. Je mehr uns das Leben zwingt, unser wissenschaftliches Streben auf ein Gebiet zu beschränken, um so tiefer wird die Kluft zwischen Vertretern verschiedener Wissenschaften sowohl in der Gedankenfolge als auch in der Sprache. Man versteht sich gegenseitig nicht mehr. Aus dieser Erkenntnis heraus ist das vorliegende Buch geschrieben. Es wendet sich an alle Gebildeten, vornehmlich an die, welche nicht in der Technik ihren Beruf haben. Es will ihnen zum Verständnis technischen Denkens und Schaffens verhelfen, will sie einführen in diese große Gedankenwelt und sie Anteil nehmen lassen an der Freude über die innere Schönheit der technischen Leistungen. Dies Ziel haben sich schon viele gesteckt, auch deckt es sich mit einem Hauptziele unseres Physikunterrichtes. Aber bald sind es die Techniker, die die laienhafte, altmodische Behandlung ihres Sondergebietes tadeln, bald sind es die Laien, die sich nicht in die andere Sprache einfühlen können. Hier ist nun, im besonderen für das Gebiet der Mechanik, die Aufgabe als gelöst zu betrachten, die Brücke aus der Gedankenwelt der Technik

in die Laienwelt ist geschlagen. Deshalb ist das Buch eine kulturgeschichtliche Tat. Ein Kunstwerk ist es mit seiner schlichten, klaren Sprache, ein Kunstwerk im ganzen Aufbau. An einfachen, lebenswahren Beispielen werden wir in die Grundgedanken der Eisenbauwerke und der Maschinen eingeweiht und zum Verständnis des Arbeitswertes größerer Anlagen geführt, um von dem höheren Standpunkte aus das ganze Tätigkeitsfeld eines schaffenden Ingenieurs überblicken zu können. Kein technischer Begriff ist verwendet, der nicht vorher bei einem Beispiel erörtert wäre. Auch in den sorgfältig gearbeiteten Bildern erkennt man ein allmähliches Fortschreiten vom rein Sinnenfälligen hinweg zur technischen Zeichensprache. Besonders bemerkenswert erscheinen aber die Stellen des Werkes, in denen ausdrücklich darauf hingewiesen wird, daß der dargestellte Gedanke für technisches Denken kennzeichnend ist. Dadurch wird neben der sachlichen Grundlage gleichzeitig eine Einführung in das technische Denken gegeben, so daß der Leser auch bei den verwickelteren Beispielen von dem Arbeitsertrag ganzer Maschinenanlagen nicht den Boden unter den Füßen verliert. Auch die Menschenarbeit bezieht der Verfasser mit in die Kostenanschläge hinein und bricht dabei eine Lanze für ein die Arbeiter wie die Arbeitgeber befriedigendes Taylor-Verfahren.

Was können wir Physiker aus dem Buche lernen? Wenn wir das Feingewebe zerpfücken wollen, so finden wir eine Menge Anwendungen der physikalischen Gesetze, Aufgaben, unmittelbar für den Unterricht zugeschnitten, verständlich vereinfacht und doch mit Wirklichkeitszahlen, keine Schreibtischaufgaben. Auch ganze Lehrgänge können wir ihm entnehmen. Betrachten wir aber das Werk als Ganzes, so lernen wir daraus vornehmlich, daß die in der Schule üblichen Anwendungen aus dem Leben zum Teil recht wenig geeignet sind, wirkliches technisches Denken den Schülern zu vermitteln. Die wirtschaftliche Lage Deutschlands verlangt heute von der Schule mehr denn je eine Erziehung zur Tüchtigkeit im selbständigen Schaffen. Nehmen wir etwas von dem Geist dieses Buches mit in den Unterricht, geben wir es dem Schüler in die Hand als Prämie, und hoffen wir, daß recht bald gleich gute Bücher erscheinen, die uns in das Denken und Schaffen auch anderer Berufszweige, besonders der Elektrotechnik, einführen.

Dr. Curt Fischer.

Die wissenschaftlichen Grundlagen der Elektrotechnik. Von G. BENISCHKE. 4. vermehrte Aufl. XVI u. 655 S. Berlin, Julius Springer 1918. Geb. 32,— M.

Die vorliegende vierte Auflage zeigt gegenüber der dritten, vier Jahre zuvor erschienenen,

keine wesentlichen Änderungen. Inhalt und Abbildungen sind nur soweit vermehrt worden, als es dem Verfasser erforderlich schien, um den Fortschritten der Zwischenzeit Rechnung zu tragen. Naturgemäß können die Meinungen über das Erforderliche weit auseinandergehen. Wünschenswert wäre es, um nur ein Beispiel, allerdings ein recht wichtiges anzuführen, den Glühkathoden mit ihren umwälzenden Anwendungen in der Röntgentechnik und der modernen drahtlosen Telegraphie eine Betrachtung zu widmen. Es gibt immerhin Stellen in dem Buche (so bei den elektrolytischen Vorgängen), an denen sich die etwa nötig erscheinende Platzersparnis hierfür erzielen ließe. — Diese kleine Ausstellung ändert nichts an dem Urteil, zu dem man bei erneuter Durchsicht des Buches gelangt: Es bietet eine knappe, und doch für das Verständnis hinreichende Darstellung, die auf vielen Einzelgebieten dadurch besonders anregend wirkt, daß sich der Verfasser auf ihnen durch eigene Arbeiten betätigt hat.

Sp.

Sumpfs Schulphysik. Methodisches Lehr- und Übungsbuch für höhere Schulen in zwei Lehrstufen. Zehnte, verb. Auflage. Herausgegeben von Dr. H. HARTENSTEIN. II. Lehrstufe. Mit 423 Abb. und 1 Spektraltafel. Hildesheim, August Lax, 1919. 322 S. M. 4,60.

Der bekannte Charakter der Sumpfschen Lehrbücher ist beibehalten, das Mathematische auf ein geringes Maß beschränkt, die Übungsaufgaben vermehrt und z. T. auch rechnerisch durchgeführt. Schülerversuche sind durch kurze Anleitungen oder Hinweise auf Ellemanns Übungsheft einbezogen.

P.

Grundriß der Physik für Studierende, besonders für Mediziner und Pharmazeuten. Von Dr. med. WALTER GUTTMANN, Oberstabsarzt a. D. 216 S. Mit 180 Abb. 13.—16. Auflage. Leipzig, Georg Thieme, 1918. M. 7,—.

Das Buch gibt eine Auswahl des für den Mediziner wissenschaftlichen und besonders auch für die Prüfung erforderlichen Lehrstoffs, ohne indes viel auf medizinische Anwendungen einzugehen. Die Zahl der Auflagen spricht für seine Brauchbarkeit.

P.

Lehrbuch der Physik für Mediziner, Biologen und Psychologen. Von Dr. E. LECHER, Prof. a. d. Universität Wien. VIII und 440 S. Mit 501 Abb. Dritte, verbesserte Auflage. Leipzig, B. G. Teubner, 1919. M. 10,—, geb. M. 12,—, nebst T.-Z.

Das Buch ist besonders für den Mediziner, der sich über die wissenschaftlichen Grundlagen der in sein Gebiet fallenden Anwendungen der Physik unterrichten will, ganz vorzüglich geeignet und steht überall auf der Höhe der heutigen

Forschung. Sein Erfolg ist daher wohl berechtigt. Mit der Ausmerzung mathematischer Überlegungen, die der denkende Mediziner nicht gut entbehren kann, ist der Verfasser vielleicht schon zu weit gegangen; dagegen hat er den Abschnitt über Röntgenstrahlen in dankenswerter Weise erweitert.

P.

Grundriß der Funkentelegraphie in gemeinverständlich Darstellung. Von Dr. FRANZ FUCHS, wissensch. Mitarbeiter am Deutschen Museum. 11. Auflage. 130 Abb. Mit einem Anhang über die Kathodenröhre. 72 S. München und Berlin, R. Oldenbourg, 1920. M. 2,75.

Das Schriftchen ist für Laien geschrieben, aber doch klar und zuverlässig; es gibt an der Hand schematischer Bilder — die zum Teil freilich sehr primitiv sind — knapp gefaßte, dabei sachlich recht eingehende Erläuterungen und kann aufs beste empfohlen werden.

P.

Elektrochemie und ihre Anwendungen. Von Prof. Dr. K. ARNDT. „Aus Natur und Geisteswelt“ Nr. 234. 2. Aufl. Mit 37 Fig. Leipzig-Berlin, B. G. Teubner 1919. 106 S.

Das in dieser Zeitschr. (24, 125) bereits kurz gekennzeichnete Buch ist in der neuen Ausgabe in verschiedener Hinsicht verbessert und bereichert worden, z. B. sind die wichtigsten Fortschritte des letzten Jahrzehnts zweckentsprechend berücksichtigt. Es sei von neuem auf das leicht verständlich geschriebene Buch empfehlend hingewiesen.

O.

Der Gang der qualitativen Analyse. Für Chemiker und Pharmazeuten bearbeitet von Dr. F. HENRICH, Prof. a. d. Univ. Erlangen. Mit 4 Fig. Berlin, J. Springer 1919. 42 S. M. 2,80.

Das knapp gehaltene, außerordentlich klar und übersichtlich abgefaßte Buch wird als erste Einführung in die chemische Analyse seitens des akademischen Unterrichtsbetriebes einer freundlichen Aufnahme sicher sein, aber auch die Leiter chemischer Schülerübungen an den höheren Lehranstalten werden ihm viele praktische Winke entnehmen können. Gewiß wollen wir nicht wieder der Aufnahme des „Analyseanges“ in diese Übungen das Wort reden. Aber eine Idee von dem Wesen der so wichtigen Analyse ist doch an verschiedenen Stellen zu geben, wozu sich auch gewisse Versuchsreihen der „Vorprüfung“ sehr gut eignen. Es ist das Hauptkennzeichen des vorliegenden Buches, daß hier die „Vorproben“ besonders sorgfältig ausgearbeitet sind, denn der Verfasser legt auf sie auch für die Ausbildung des Chemikers großen Wert. Beispielsweise werden für die zweckmäßige Herstellung des Bunsenschen Kohle-Soda-Stäbchens genauere, vom Verfasser erprobte Anweisungen gegeben. Statt des

„nicht imprägnierten Streichhölzchens“ möchten wir hier lieber den dünnen sog. Holzdraht empfehlen, wie er zum Sauerstoffnachweis verwendet wird. Auch die im Buche anhangsweise gegebenen kurzen theoretischen Erörterungen zeichnen sich durch Schärfe aus. Das Buch verdient allgemeine Beachtung.

O. Ohmann.

Fachausdrücke der physikalischen Chemie.

Ein Wörterbuch von Dr. BRUNO KISCH. Berlin, J. Springer 1919. 78 S. Kart. M. 4,80.

Das Büchlein gibt kürzeste Erklärungen für alle wichtigen Begriffe der physikalischen Chemie. Es wird allen, die diesem Wissensgebiet fernere stehen, z. B. Ärzten und Studierenden der Medizin und Biologie, willkommen sein. Zu wünschen wäre, daß die Definitionen nach der quantitativen,

zahlenmäßigen Seite hin öfters schärfer gefaßt werden; so fehlt z. B. sowohl bei dem Stichwort „Bildungswärme“ wie auch „Wärmemenge“ die Angabe, daß sich die Wärmemenge auf das Gramm-Mol der entstehenden Verbindung bezieht. In solchen Fällen wäre ein bestimmtes Zahlenbeispiel sehr am Platze. Auch die Stichworte Säurestärke, amphoter, Loschmidtsche Zahl n. a. konnten berücksichtigt werden. Im übrigen paßt das Buch gut in die jetzige Zeit, in der die Verknüpfung von physikalischer Chemie und Biologie — für die z. B. das jüngst hier (33, 79) angezeigte Werk „die physikalisch-chemischen Grundlagen der Biologie“ von F. Eichwald und A. Fodor beredetes Zeugnis ablegt — immer weiter voranschreitet.

O.

Korrespondenz.

Konrad Kraus in Wien, der Verfasser weitverbreiteter Lehrbücher für Physik, Mathematik u. a. beging am 6. April d. J. seinen 70. Geburtstag. Ihm zu Ehren hat die Zeitschrift für Lehrmittelwesen und pädagogische Literatur ein mit seinem Bilde geschmücktes Festheft (XV. Jahrg. 1919, Nr. 9) herausgegeben, das namentlich Beiträge aus dem vom Jubilar besonders gepflegten Gebiet der elementaren Schulversuche mit einfachen Mitteln enthält. So beschreibt K. Rosenberg eine Versuchsanordnung für die Zusammensetzung gleichstimmig paralleler Kräfte, F. Brandstätter handelt über den Mekerbrenner im Dienste der Mineralbestimmung, J. Wohlrab über den Nachweis des archimedischen Gesetzes mit Hilfe einer Verbindung von einarmiger Wage und Spiralfeder, Hans Kellermann über die Gewichtszunahme von Metallen beim Verbrennen (vgl. den Bericht in ds. Heft, S. 109).

In Heft VI des vorigen Jahrgangs dieser Zeitschrift berichtet Dr. Freiherr v. Lützwow über einen Unfall mit einem Glühröhrchen, in dem sich neben anderen Stoffen Merkuronitrat und Cyankalium befanden. Die Folgerungen, welche er daraus zieht, veranlassen mich zu folgenden Bemerkungen. Über Bildung von Knallquecksilber unter diesen Umständen ist nichts bekannt und erscheint sie auch sehr unwahrscheinlich. Auch wird über die bei seinem Zerfall auftretenden Blitzerscheinungen (Fulminat!) nichts erwähnt. Bemerkenswert erscheint mir dagegen das Auftreten einer langen Stichflamme, da nach Dammer Merkuronitrat auf Kohle nur schwache Verpuffung, aber lebhaftes Flammenbildung hervorruft. Die Heftigkeit der beobachteten Explosion dürfte sich vielleicht nach

Hofmann (Lehrbuch der anorganischen Experimentalchemie, 1. Aufl., S. 423) auf eine Zwischenbildung von Nitrit etwa nach der Gleichung: $\text{Hg}_2(\text{NO}_3)_2 + 2 \text{KCN} = \text{Hg}_2(\text{NO}_2)_2 + 2 \text{KOCN}$ zurückführen lassen. Auch kann hier nicht von einer Zersetzung des Nitrates allein, sondern nur von dem explosionsartigen Abbrennen eines Gemisches aus Nitrat und reduzierend wirkender, verbrennbarer organischer Substanz, das etwa durch die Gleichung: $\text{Hg}_2(\text{NO}_3)_2 + 2 \text{KCN} = \text{K}_2\text{O} + 2 \text{CO}_2 + 2 \text{N}_2 + \text{Hg} + (\text{Hg} + \text{O})$ dargestellt werden kann, die Rede sein. Im engen Röhrchen dürfte die Bildung des Nitrites wegen des vollständigeren Luftabschlusses leichter vor sich gehen, als im weiten. Würde letzteres gleich hoch mit dem Gemisch gefüllt werden, so wird auch hier eine starke Explosion die Folge sein. Also vor dem Gemisch ist zumal bei der Giftigkeit des Quecksilbers zu warnen, nicht vor dem Gebrauch enger Glühröhrchen. Diesen möchte ich vielmehr angelegentlich empfehlen wegen der damit verbundenen Ersparnis. Denn gerade die Ausarbeitung der sparsamsten Methoden muß für die Zukunft bei unserer unglücklichen Finanzlage die Richtlinie bilden.

Prof. P. Rütger, Ludwigshafen a. Rh.

Göttinger Elektro-Schalt-Werk Hecke & Co. Unter diesem Namen ist am 1. Januar d. J. eine Firma ins Leben getreten, die durch Vertrag mit der Göttinger Fabrik von Gebr. Ruhstrat die Herstellung der bisher von dieser in den Handel gebrachten Schalttafeln, Großwiderstände und elektrischen Öfen übernommen hat. Durch diese Spezialisierung soll die Leistungsfähigkeit in bezug auf die Herstellung der genannten Gegenstände wesentlich erhöht werden.

Himmelserscheinungen im Juli und August 1920.

12h = Mittag, 0h und 24h = Mitternacht. (Berliner Zeit = MEZ - 0,1h).

| MEZ 12h | Juli | | | | | | August | | | | | |
|-------------------------|---------------|-----------------|---------------|--------------|----------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|---------------|
| | 5 | 10 | 15 | 20 | 25 | 30 | 4 | 9 | 14 | 19 | 24 | 29 |
| ♃ { AR D | 8h 40m 17° | 8.47 16 | 8.47 14 | 8.39 14 | 8.25 14 | 8.12 15 | 8.3 17 | 8.5 18 | 8.19 18 | 8.43 18 | 9.16 17 | 9.54 14 |
| | ♀ { AR D | 6h 59m 23° | 7.26 23 | 7.52 22 | 8.18 21 | 8.44 19 | 9.9 18 | 9.33 16 | 9.58 14 | 10.21 12 | 10.45 10 | 11.8 7 |
| ☉ { AR D | | 6h 57m 22,8° | 7.18 22,3 | 7.38 21,5 | 7.58 20,7 | 8.18 19,7 | 8.38 18,5 | 8.57 17,3 | 9.16 15,9 | 9.35 14,4 | 9.54 12,8 | 10.12 11,1 |
| | ♂ { AR D | 13h 42m -12° | 13.50 -13 | 13.57 -13 | 14.6 -14 | 14.15 -15 | 14.24 -16 | 14.35 -17 | 14.45 -18 | 14.56 -18 | 15.8 -19 | 15.20 -20 |
| ♄ { AR D | | | 9h 30m 16° | | 9.38 15 | | 9.46 14 | | 9.55 14 | | 10.3 13 | |
| | ♅ { AR D | | | | 10h 46m 10° | | | | 10.54 9 | | | |
| Sternzeit ¹⁾ | | 6h 52m 33s | 7.12 16 | 7.31 58 | 7.51 41 | 8.11 24 | 8.31 7 | 8.50 50 | 9.10 32 | 9.30 15 | 9.49 58 | 10.9 41 |
| Zeitgl. | 4m 18s | 5.6 | 5.43 | 6.8 | 6.19 | 6.15 | 5.56 | 5.22 | 4.34 | 3.33 | 2.19 | 0.54 |

Breite von Berlin. Ortszeit. Oberer Rand von ☉ und ☾.

| | 3h 44m | 3.48 | 3.55 | 4.0 | 4.8 | 4.16 | 4.24 | 4.32 | 4.40 | 4.48 | 4.56 | 5.5 |
|--------------|---------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|------|-------|
| ☉ Aufg. | 20h 24m | 20.21 | 20.16 | 20.10 | 20.4 | 19.56 | 19.47 | 19.38 | 19.28 | 19.17 | 19.7 | 18.55 |
| ☉ Unter-gang | | | | | | | | | | | | |
| ☾ Aufg. | 21h 52m | | 3.35 | 10.12 | 15.44 | 19.10 | 21.5 | | 5.8 | 11.26 | 16.2 | 18.26 |
| ☾ Unter-gang | 8h 14m | 14.11 | 19.32 | 21.53 | | 3.54 | 9.32 | 15.31 | 19.7 | 21.14 | | 5.2 |

¹⁾ Im Stargarder Meridian.

| Mondphasen MEZ | Neumond | | Erstes Viertel | | Vollmond | | Letztes Viertel | |
|-------------------|---------|------------------|-----------------|-----------------|------------------|-----------------|-----------------|---------------|
| | | Juli 15d 21h 25m | Aug. 14d 4h 44m | Juni 23d 7h 50m | Juli 22d 20h 20m | Juli 31d 0h 19m | Aug. 29d 14h 3m | Juli 9d 6h 6m |

Der Mond tritt zu folgenden Zeiten (MEZ) in die abgerundeten Sternbilder des Tierkreises:

| Sternbild Länge | W 25° | S 55° | Z 85° | K 115° | L 145° | J 175° | Wg 205° | Sp 235° | Sz 265° | Sb 295° | Ws 325° | Fs 355° |
|--------------------|----------|----------|----------|-----------|-----------|-----------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|
| Juni | | | | | | | | | 30,3d. | 2,7 | 5,2 | 7,7 |
| Juli | 9,9d | 12,0 | 14,0 | 16,0 | 18,0 | 20,2 | 22,5 | 24,9 | 27,5 | 29,9 | 1,4 | 3,8 |
| August | 6,1d | 8,3 | 10,4 | 12,4 | 14,5 | 16,6 | 18,8 | 21,3 | 23,7 | 26,3 | 28,7 | 31,0 |

Tägliches Erscheinen und Verschwinden der Planeten. Ortszeit. Breite von Berlin.

| Tag | ♃ Morgenstern vorm. | Tag | ♀ | ♂ (Wage) nachm. vorm. nachm. | ♄ (Krebs Löwe) nachm. | ♌ (Löwe) nachm. |
|--------|------------------------|--------|---|------------------------------------|--------------------------|--------------------|
| | | VI 30 | | D 10,3 U 0,1 v | D 10,1 U 10,4 | D 10,3 U 11,1 |
| VIII 9 | A 3,2h D 3,2h | VII 20 | | D 9,9 U 11,0 n | (VII 4, 10,0) | (VII 16, 10,0) |
| 19 | A 3,1h D 3,8h | VIII 9 | | D 9,1 U 10,0 n | | |
| 29 | A 4,0h D 4,0h | 29 | | D 8,2 U 9,2 n | | |

A = Aufgang; U = Untergang; D = Dämmerung.

M. Koppe.

Nachdruck nur mit Quellenangabe und mit Genehmigung der Verlagshandlung gestattet.