

Zeitschrift für den Physikalischen und Chemischen Unterricht.

XIII. Jahrgang.

Fünftes Heft.

September 1900.

Eine neue Form des Cartesianischen Tauchers.

Von

H. Rebenstorff in Dresden.

Die richtige Füllung des Cartesianischen Tauchers ist zwar nicht besonders zeitraubend, auch ist es nicht ohne unterrichtlichen Nutzen, sie vor den Augen der Schüler auszuführen, wenn eine geeignete Methode gewählt wird (s. WEINHOLD, *Demonstrationen* S. 170; *d. Zeitschrift* XI 213), bequemer jedoch ist die Benutzung einer Taucherform, die nach bloßem Einsenken in das im Cylinder befindliche Wasser sofort versuchsbereit ist. Wenigstens kann man bei Ausführung zahlreicher Taucherversuche die zum wiederholten Füllen erforderliche Zeit sparen. Bei den bisher bekannten Taucherformen, die nach bloßem Einbringen in das Wasser die richtige Füllung haben, ist die ein für allemal auszuführende Abgleichung des Gewichtes mühsam (Taucher von HEYDEN, *Frick-Lehmann, Phys. Technik, I S. 355*), und der Taucher gestattet keine in einfachster Weise durch die Art des Einsenkens erreichbare ganz kleine Änderung in der Größe des Luftvolumens (vgl. die für Schwimmen an der Oberfläche und Sinken in der Tiefe construierte Form von WEINHOLD, *Demonstrationen* S. 171).

Zur Selbsterstellung eignet sich ein Taucher, bestehend aus einem mit Blei beschwerten Reagensgläschen, welches bei *o* (Fig. 1) eine seitliche Öffnung hat, die in solcher Höhe angebracht ist, daß das in verkehrter Stellung eingetauchte Gläschen dem Untersinken sehr nahe kommt. Die Bleibeschwörung *r* stellt man wohl am bequemsten aus einem schmalen Abschnitt von einer 2—3 mm dicken Bleiplatte her, der spiralgig um das Gläschen gewunden wird. Man schiebt die Spirale zunächst an den Bodenteil des Gläschens, wo sie durch Reibung hinreichend festsetzt. Das aufrecht auf Wasser schwimmende Gläschen ragen nur mit dem dritten bis fünften Teil seiner Länge aus dem Wasser heraus. Man tröpfelt nun vorsichtig soviel Wasser hinein, bis nur noch der Rand außerhalb des Wassers ist. Man zieht hierauf das Gläschen empor, verschließt es, ohne mit den Fingern den Luftraum zu erwärmen, mit dem Daumen und kehrt es um, die Öffnung wieder ins Wasser drückend. Dann schiebt man den Bleiring herunter bis an den Rand des Gläschens. Nach dem Loslassen soll jetzt nur etwa die Hälfte des Bodens herausragen. Ist das Gläschen zu schwer, so könnte man mit einer Kapillaren etwas Luft unter die Mündung blasen; am besten wird die einfache Manipulation bei ungeeignet erscheinender Füllung wiederholt. Man zieht nun das Gläschen soweit senkrecht empor, daß der Stand des Wassers innen und außen übereinstimmt, und markiert diesen Stand schnell mit dem Schreibdiamanten oder durch Anlegen des Daumennagels. Beim Emporziehen hält man das Gläschen nur mit zwei Fingern, die wohl den Luftraum nicht mehr erwärmen, als die Verdunstung ihn abkühlt. Etwa 1 mm unterhalb der angemarkten Stelle —



Fig. 1.

nach der Mündung des Gläschens hin — wird nun entweder mittels einer Stichflamme und durch Abziehen oder einfacher mit der Feile eine kleine Öffnung hergestellt. Es hat keinen Zweck, länger zu feilen (zuletzt vorsichtig), als bis das Glas eben durchlöchert ist; das Oberflächenhäutchen macht sich über einer recht kleinen Öffnung zwar beim langsamen Herausnehmen des Tauchers aus dem Wasser besonders bemerkbar, es wird aber bei erneutem Einsenken, falls es zufällig vorhanden ist, stets durch die hervordringende Luft zersprengt. Macht man aus der Anfertigung des Tauchers einen Schülerversuch, so kann man aus Gewicht und Inhalt des Gläschens das zum Beschweren erforderliche Bleigewicht berechnen lassen.

Zur Anfertigung durch den Glasbläser empfiehlt sich die Benutzung stärkewandigen Glasrohres, wodurch die Bleibescherung überflüssig wird. Die im übrigen in gleicher Weise vorgerichteten „Taucherröhrchen“ dürften an Sauberkeit und einfachster Verwendbarkeit wenig zu wünschen übrig lassen und wohl zur häufigeren Benutzung des Cartesianischen Tauchers beim Unterricht beitragen. Die probeweise von der Glasbläserei von A. Eichhorn in Dresden (Mittelstraße) gefertigten Taucher aus weißem und hellfarbigem Glase sind etwa 12 cm lang; ihre Stellung im Wasser ist bei einem Abstände der seitlichen Öffnung von gegen 4 cm vom offenen Ende durchaus stabil. Da nur bei heftigem Niederstoßen des Tauchers Luftblasen aus der seitlichen Öffnung entweichen können, so kann seine Schwimmfähigkeit beim ordnungsmäßigen Gebrauche, beliebigem Bewegen der Cylinder mit den Tauchern u. s. w. keine Änderung erfahren.

Die Füllung des Röhrentauchers mit einer größeren oder geringeren Luftmenge. Ein Vorzug der Benutzung des kleinen Apparates besteht darin, daß man sehr leicht durch die Art des Einsenkens die Luftfüllung verschieden bemessen kann. Bei sehr hastigem Einbringen oder Hineinfallenlassen aus einer Höhe von vielen dm ist die Menge der im Taucher bleibenden Luft schwankend, jedoch gewöhnlich dazu ausreichend, den bis auf den Boden des 4—5 dm tiefen Cylinders unter Mitreißsen von Luft hinabfahrenden Taucher wieder zum Aufsteigen zu bringen. Hierbei ist auch die Größe der seitlichen Öffnung mitbestimmend. Hat der Taucher infolge der sehr heftigen Bewegungen und vielleicht auch, weil man ihn vorher längere Zeit in der warmen Hand gehalten hatte, zuviel Wasser geschluckt, so bringt man ihm mittels der weiter unten beschriebenen Vorrichtung Hilfe. Diese der Jugend zunächst recht interessant vorkommende Art des Einbringens wird man wohl nur im Anfange oder gelegentlich zeigen wollen. Zum richtigen Füllen für die gewöhnlich mit dem Taucher angestellten Versuche läßt man ihn ruhig aus der einige cm über der Wasseroberfläche gehaltenen Hand einfallen oder senkt ihn etwa so schnell ein, wie die Feder in die Tinte. Man überzeugt sich durch Ansehen in wagerechter Richtung, daß das Wasserniveau im Taucher etwas höher als der obere Rand der seitlichen Öffnung liegt. Sollte die Flüssigkeit tiefer stehen, so tupft man mit dem Finger einmal heftig auf das schwimmende Gläschen, das in diesem Falle leicht den Luftüberschufs abgibt. Es ist jetzt eine Erhöhung des Druckes um 50—70 cm Wassersäule nötig, den Taucher zum Sinken zu bringen, was etwa gerade für die Versuche geeignet erscheinen dürfte (auch für die ersten unter den „Versuchen mit Tauchern“, d. *Zeitschr.* XI 213).

Soll der Taucher eine geringere Luftfüllung erhalten, so besteht das eine Verfahren darin, daß man ihn mit den Fingern erfafst und einige heftige Abwärtsbewegungen mit ihm ausführt, wodurch jedesmal eine kleine Luftmenge zur seitlichen Öffnung hinausgetrieben wird, bis der beabsichtigte Grad der Füllung erreicht ist.

Ein anderes Verfahren besteht darin, daß man den Taucher in gegen die Horizontale geneigter Stellung, die seitliche Öffnung aufwärts, einsenkt (Fig. 2). Ist der Cylinder besonders eng, so muß man auch diesen während des langsamen Einsenkens etwas zur Seite neigen. Man merkt sich nach dem Augenmaß den Winkel, unter dem man den Taucher einsenkte, und kann, ohne noch näherer Beschreibung oder Übung zu bedürfen, es leicht dahin bringen, daß der Taucher entweder nur noch ganz dicht unter der Oberfläche oder in halber Höhe des Cylinders ein Bestreben aufwärts zu steigen hat, beim weiteren Hinabdrücken aber, den Grenzpunkt des labilen Gleichgewichts überschreitend, in beschleunigter Bewegung zu Boden fällt. Man kann auch an der Größe des bei ruhigem Schwimmen herausragenden Bodenstückes einigermaßen erkennen, wie tief unter der Oberfläche die Stelle des labilen Gleichgewichts liegt.

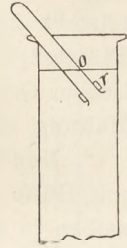


Fig. 2.

Am bequemsten wird aber die Beurteilung der Taucherfüllung besonders für denjenigen, der nach längerer Zeit der Nichtbenutzung wieder mit den Tauchern sich abgiebt, wenn man an diesen eine Marke anbringt, die den Grad der Luftfüllung beim labilen Gleichgewicht bezeichnet. Man findet den Ort dieser Marke, die beiläufig 5 mm oberhalb der seitlichen Öffnung der Taucherröhre von Eichhorn liegt, nach provisorischem Umlegen eines Zwirnsfadens oder sehr schmalen Schlauchabschnittes, indem man den Taucher ins Wasser setzt und den Druck irgendwie erhöht. Man merkt sich dann, um welche kleine Strecke über oder unter dem Faden das Wasser steht, während der Taucher die labile Gleichgewichtslage langsam durchschreitet.

Versuche mit den Taucherröhren bei offenem Cylinder. Liegt das labile Gleichgewicht eines herabgesunkenen Tauchers nicht mehr als etwa 20 cm über dem Cylinderboden, so kann man das Röhrechen in einfacher Weise dadurch wieder emportreiben, daß man den ganzen Cylinder um einige cm vom Tische erhebt und unter leichtem Aufstoßen wieder niedersetzt. Die Taucher — man nimmt des zierlicheren Aussehens wegen mehrere, schräg eingesenkte — eilen, wenn sie den Boden wirklich berührten, lebhaft in die Höhe, um, falls sie nicht zu schwer sind, oben auf zu bleiben. Ist einer der Taucher nur äußerst wenig vom Boden entfernt gewesen, so schließt er sich von der Aufwärtsbewegung aus, da er von der Transversalschwingung des Bodenstückes nicht getroffen werden konnte.

Einen am Boden des Cylinders liegenden Taucher bringt man ferner dadurch zum Aufsteigen, daß man mittels eines Glasstabes das über ihm befindliche Wasser in Rotation versetzt. Um das Anschlagen des Glasstabes an die Gefäßwände zu vermeiden, versieht man ihn unten mit einem Kork. Sowohl in engen wie in weiten Cylindern erhebt sich der Taucher, sobald auch die unteren Flüssigkeitsschichten anfangen in die Wirbelbewegung hineingezogen zu werden. Ein Vergleich mit der Druckverminderung im Innern eines Wirbelwindes liegt nahe, könnte aber dazu verleiten, Ursache und Wirkung des letzteren zu verwechseln. Die Rotation der Flüssigkeit ruft in der Mitte der unteren Schichten nur eine ganz unwesentliche Druckabnahme hervor, wie man mittels eines hier mündenden Glasrohres nachweisen kann, welches in seinem nach oben führenden Teil mit dem Wasser im Cylinder kommuniziert. Übrigens steigt ein Taucher bereits, wenn seine Luftfüllung keineswegs bis an die erwähnte Marke reicht, in der Achse des Flüssigkeitswirbels empor und in ganz gleicher Weise erhebt sich jeder starre, nicht zu schwere Körper vom Boden des Gefäßes bis an die Wasseroberfläche, z. B. der bekannte Kaltwasserschwimmer, wenn man das warme Wasser, in dem er untersank, über ihm umrührt. Die Ursache

der vorliegenden, recht alltäglichen Erscheinung ist offenbar ein in der Mitte der rotierenden Flüssigkeit emporsteigender Flüssigkeitsstrom, der durch Reibung auch schwerere Körper mitnimmt, und welcher der Gegenstrom einer an den Wänden des Cylinders in Schraubenlinien abwärtsgehenden Flüssigkeitsbewegung ist; die letztere hat ihre Ursache in der Centrifugalkraft und in dem Umstande, daß die Flüssigkeit am Boden geringere Drehungsgeschwindigkeit hat. Aus leicht ersichtlichem Grunde hat der emporgewirbelte Taucher nicht die gewöhnliche senkrechte Haltung, sondern das leichtere obere Ende ist nach innen geneigt.

Von weiteren Versuchen sei noch erwähnt das Schwebenlassen des Tauchers mit Hilfe zweier übereinander geschichteten Flüssigkeiten. Hierzu läßt man denselben in einen Cylinder fallen, der zur Hälfte mit Wasser, zur Hälfte mit verdünntem Spiritus gefüllt ist. Bei passender Größe des spezifischen Gewichts der oben befindlichen Flüssigkeit wird die Stellung des Tauchers im Cylinder durch Schwankungen der Temperatur und des Barometerstandes ziemlich bedeutend verändert. Natürlich kann man durch Benutzung zweier nicht mischbarer Flüssigkeiten die infolge der Diffusion allmählich fortschreitende Bewegung des Tauchers entweder nach oben oder nach unten für länger fortzusetzende Versuche hindern. (Vgl. übrigens die Bemerkung über langsame Auflösung der Luft weiter unten.) Drehungen der in auf- oder absteigender Bewegung begriffenen Taucher lassen sich leicht durch ein Paar schräg gestellter Flächen aus sehr dünnem Blech hervorrufen, die man an dem Röhrechen befestigt. Ferner lassen sich leicht durch Anbringen von Scheibchen oder Kreisringen am Taucher Versuche über Fallbewegungen im widerstehenden Mittel, sowie über Oberflächenspannung vorbereiten, die aber wohl nicht so wirksam sind, wie die für gleiche Zwecke angegebenen Versuche von Fr. C. G. MÜLLER, HARTL u. A., da man die angedeuteten Experimente in abgeschlossenen Cylindern, die nicht sehr weit sein können, anstellen müßte. Zum Herabdrücken des Tauchers in offenem Standcylinder ist ein langer Glasstab brauchbar, der am Ende mit einem Korke versehen ist. Die Verkleinerung des Luftvolumens beim tieferen Einsinken des Tauchers ist allerdings bei einigen anderen Konstruktionen (besonders der von WEINHOLD, a. a. O.) viel besser zu sehen; immerhin ist diese Änderung infolge der gestreckt cylindrischen Gestalt des im Taucher befindlichen Luftvolumens auch hier unverkennbar, wenn ein einigermaßen hoher Standcylinder als Tauchergefäß dient. Die Benutzung des Röhrentauchers gewährt hier andererseits den Vorteil, daß man leicht die annähernd gemessene Volumabnahme mit der Größe des ursprünglichen Volumens vergleichen kann. Man versehe den Cylinder wie bei Versuch 1 (*d. Zeitschr. XI 213 Fig. 1*) mit gut schließendem Kork und einer etwa 1 m langen Rohrverbindung. Diese wird zunächst möglichst angehoben, die Länge der cylindrischen Luftsäule im Taucher mittels daran festgeklebter (und mit Lack bedeckter) Millimeterskale gemessen, und die gleiche Messung nach dem Herabsenken des langen Druckrohres wiederholt. Auf diese Weise kann man bequem den Druck um ein Fünftel des atmosphärischen variieren, also eine Volumänderung der Luft im Taucher um annähernd den gleichen Bruchteil herbeiführen. Übrigens wird die Volumabnahme beim Untersinken des Tauchers auch in der a. a. O. S. 214 beschriebenen Versuchsanordnung sehr deutlich sichtbar. Das Druckrohr des obigen Versuchs nehme man nicht zu weit, damit das Wasser nach dem Herabsenken der Rohrverbindung nicht ausfließt; der Cylinder ist möglichst anzufüllen.

Taucherglockenartige Vorrichtung. Einem infolge zu geringer Wasser-
verdrängung auf dem Boden des Cylinders liegenden Taucher kann man in einer für

den elementaren Unterricht besonders anschaulichen Weise dadurch wieder aufhelfen, daß man ihm durch Überstülpen einer an einem langen Glasrohre (Fig. 3) angeschmolzenen glockenartigen, weiteren Röhre g Luft zuführt. Das in die Glocke offen mündende, etwas starkwandige Rohr s wird natürlich vor dem Eintauchen oben mit dem Finger verschlossen. Seine sehr bequeme Benutzung erläutert in wohl ganz erwünschter Weise die Wirkung der Taucherglocke; es möge deswegen und der Kürze halber gestattet sein, die Vorrichtung so zu benennen. Nach dem Überstülpen derselben füllt sich der Taucher fast ganz mit Luft, und beim Anheben wird er natürlich vom Boden des Gefäßes entführt. Je nachdem man hierbei die obere Öffnung freigiebt oder geschlossen läßt, gelangt der Taucher bis an oder über die Wasseroberfläche. Mit dem am anderen Ende der langen Röhre angebrachten Kork kann man einen Taucher bequem in das Wasser hinabdrücken. Der hierfür etwas konkav ausgeschnittene Kork erleichtert zugleich das Anfassen der Vorrichtung und schützt die lange Röhre vor dem Zerbrechen, wenn man damit das Wasser im Cylinder (s. oben) in rotierende Bewegung versetzt.



Fig. 3.

Hält man die luftgefüllte Taucherglocke nur so tief, daß der Boden des Tauchers nur ein wenig in sie hineinragt oder auch noch etwa $\frac{1}{2}$ cm von der Glockenmündung entfernt ist, so stürzt der Taucher beim Öffnen der langen Röhre augenblicklich in die Glocke hinein. Der Versuch zeigt mit besonderer Anschaulichkeit die Wirkung einer plötzlichen einseitigen Verminderung des Flüssigkeitsdruckes und fordert bei jedem Schüler einen Vergleich mit den Saugwirkungen des Luftdruckes geradezu heraus.

Der beschriebene einfache Apparat kann auch zu mancherlei anderen Versuchen dienen. Erwähnung möge nur noch die sich von selbst ergebende Demonstration des Wasserstoffes finden. Auf einen oder mehrere, mit nicht bis zur Marke reichender Luftfüllung versehene Taucher wirkt der Stofs des Wassers in der bis fast auf den Cylinderboden versenkten Glocke eigenartig ein. Die Taucher hüpfen beim Öffnen der langen Röhre im Augenblicke des Stofses um einige cm empor, falls sie den Boden wirklich berührten. Hatte man die Taucher vorher durch schwaches Aufstossen des Cylinders auf den Tisch ein wenig emporgeschnellert, so gehen sie, wenn sie beim Öffnen der langen Röhre dem Boden wieder bis auf etwa 2 cm nahe gekommen sind, zunächst schnell abwärts, um sodann noch um einige cm emporzuschellen.

Sonstige Verwendungsarten der Röhrentaucher. In recht einfacher Weise kann man mit dem Taucher die Löslichkeit von Gasen in Wasser zeigen. Man füllt den Taucher, während man ihn mit Daumen und Mittelfinger über der seitlichen Öffnung, diese also schließend, festhält, mittels der pneumatischen Wanne oder durch bloßes Einleiten mit dem betreffenden Gase, verschließt mit dem Zeigefinger und senkt den Taucher in das in einem Standcylinder befindliche Wasser. Bei Verwendung von Kohlensäure sinkt der Taucher in 10–15 Minuten. Durch schräges Einsenken kann man diese Zeit wesentlich abkürzen, was aber überflüssig erscheint, da das Hinabsinken des Tauchers auch beim Fortgange des Unterrichtes nicht übersehen wird. In ganz kurzer Zeit (1–2 Minuten) verläuft der Versuch, wenn man wie bei Versuch 1 des früheren Aufsatzes (a. a. O. S. 214) verfährt, indem man durch Anheben der mit Wasser gefüllten Rohrverbindung den Druck so groß macht, daß der Taucher dem Sinken nahe kommt.

Läßt man Standcylinder und Taucher bis zur nächsten Stunde stehen, so ist die Kohlensäure bis auf einen sehr kleinen Rest verschwunden. Senkt man anstatt in reines Wasser in sehr verdünnte Ammoniakflüssigkeit, so sinkt der Taucher in etwa 2 Minuten; man sieht deutlich Schlieren unter dem Flüssigkeitsmeniskus im Taucher. Ein mit Acetylen gefüllter Taucher sank erst in etwa 40 Minuten zu Boden, also viel langsamer als man in Rücksicht auf die fast gleiche Löslichkeit von Kohlensäure und Acetylen in Wasser erwarten sollte. Vielleicht sind die Dichteänderungen verschieden, welche das Wasser beim Lösen der beiden Gase erfährt, und aus diesem Grunde die zum Fortschreiten des Lösungsvorganges notwendigen Convektionsströme ungleich. Über solche Dichteänderungen ist wenig bekannt (vgl. Dammer, Handb. der anorg. Chemie I S. 423, II 1 S. 373). Die Auflösung der wenig löslichen Gase schreitet auch in abgekochtem Wasser zu langsam vorwärts, als dafs ein Taucher- versuch zur Demonstration derselben empfehlenswert erschiene; nur als Gegenversuch bei der Lösung der Kohlensäure könnte man das Verhalten eines mit Sauerstoff oder Luft gefüllten Tauchers in luftfreiem Wasser zeigen. Die Taucher befinden sich an einem der nächsten Tage auf dem Boden des Cylinders, während die in nicht abgekochtem Wasser schwimmenden Röhrchen weit länger obenbleiben, schliesslich aber auch sinken. Will man die mit gewöhnlichem Wasser gefüllten Cylinder lange stehen lassen, so sollte man den Zusatz von etwas Salicylsäure oder dergl. nicht verabsäumen.

Auch der bekannte Luftpumpenversuch, welcher die Expansion einer geringen, in einem verkehrt in Wasser eingesenkten Reagensglase oder Kolben enthaltenen Luftmenge demonstriert, kann vorteilhafter Weise mit dem beschriebenen Taucher gezeigt werden. Dieser wird in das in einem Cylinder befindliche Wasser so eingesenkt, dafs er auf dem Boden liegen bleibt. Den Cylinder stellt man entweder unter den Recipienten, oder man versieht ihn mit einem luftdichten Kork, in dessen Durchbohrung eine Glasröhre sitzt, die mit der Kolben- oder Wasserluftpumpe in Verbindung steht. Schon beim ersten Kolbenhube steigt der Taucher empor, und eine Luftblase nach der anderen entweicht aus der seitlichen Öffnung. Ziemlich lehrreich ist es nun, die Schüler beobachten zu lassen, was geschieht, wenn man ein wenig Luft wieder zurücktreten läßt, bis der Taucher gerade zu sinken beginnt. Er fällt mit unverkennbar gröfserer Geschwindigkeit zu Boden, als sonst; man sieht auch deutlich, wie das Volumen der Luft im Taucher während des Herabsinkens sich auffallend stark verkleinert. Bei Benutzung der Kolbenluftpumpe bringt man das Sinken des Tauchers nach dem Herausziehen des Kolbens sehr leicht dadurch zuwege, dafs man ohne vorherige Umstellung des Hahnes den Kolben wieder etwas zurücktreten läßt. Der Versuch ist wohl besonders für Wiederholungen zu empfehlen, da für diesen Zweck der bisherige einfachere Luftpumpenversuch nicht genug Denkinhalt liefert. Aus der abgeschätzten Volumveränderung der Luft im Taucher beim Herabsinken und der Höhe der diese Volumabnahme verursachenden Wassersäule kann man annähernd den Grad der Luftverdünnung berechnen.

Die Bewegung des Tauchers läßt man mehrmals [sich wiederholen; dies ist so lange möglich, als die Verdünnung eine gewisse Grenze noch nicht erreicht hat. Bei Benutzung der Kolbenluftpumpe stellt sich schliesslich lebhaftes Sieden ein, und nun kann es vorkommen, dafs der herabgesunkene Taucher trotz der Beförderung der Dampfbildung durch die Luft in ihm nicht mehr emporsteigt, auch wenn die Pumpe fortgesetzt arbeitet. Mit einer schwerer siedenden Flüssigkeit anstatt des Wassers ist das Zurückbleiben des lufthaltigen Tauchers trotz des Evakuierens leicht zu erreichen.

Im Anschluß an den Versuch ist die Erörterung des entgegengesetzten Falles ganz lehrreich, daß der Taucher in einem Cylinder sich befinde, der mit der Compressionspumpe in Verbindung steht. Natürlich müßte man dem Taucher, damit er schwimmen kann, Luft zuführen können, etwa durch eine bis zum Boden des Cylinders führende, unten emporgebogene Glasröhre. In der Lage eines Tauchers, der in Wasser unter starkem Drucke sich befindet, ist auch ein Tiefseefisch, der die Fähigkeit hat, in seine Schwimmblase hinein Druckluft abzuschneiden. Da in bedeutenden Tiefen der Druck ein gewaltiger ist, so wird — entgegengesetzt zu den Verhältnissen des Versuches — durch Sinken oder Steigen selbst um einige m der Druck sich nur wenig ändern. Dem Tiefseefisch muß daher die Erhaltung des labilen Gleichgewichtes insofern eine leichtere Aufgabe sein, als er schon durch sehr geringe und langsame Muskelbewegungen sich vor dem völligen Herabsinken oder Steigen bewahren kann. Seine Verwandten an der Oberfläche können nicht in solcher Ruhe dahinleben. Durch unausgesetzte kleine Bewegungen der Muskulatur von Blase und Flossen muß der Fisch, der in geringen Tiefen lebt, auf den hier verhältnismäßig stark variierenden Wasserdruck Rücksicht nehmen. Natürlich wird der Fisch nur dann diese beständigen Bewegungen allein der Erhaltung des Gleichgewichtes wegen machen, wenn er nicht seinen zahlreichen anderen Trieben folgt, die ihn ja ohnehin in fast beständiger Bewegung erhalten. Vergleiche bezüglich der Erhaltung des Gleichgewichtes beim stehenden und beim sich bewegenden Menschen können zu Denkaufgaben herangezogen werden, die aber das rein physikalische Gebiet bereits überschreiten.

Wie man sehr einfach einen Cartesianischen Taucher in eine Umgebung bringen kann, in welcher der Druck beim Steigen und Fallen fast ganz ungeändert bleibt, so daß der Taucher zum fast völligen Schweben kommt, wurde a. a. O., S. 215, Versuch 2 gezeigt. Da ein wirkliches Schweben des Tauchers nur mit anderen Mitteln erreichbar ist (Versuch 3), so kann das Experiment benutzt werden, um mit besonderer Deutlichkeit die charakteristische Eigenschaft der Flüssigkeiten — Verschiebbarkeit der Teilchen durch die kleinsten Kräfte — zur Anschauung zu bringen.

Bei den unter 1 und 2 in der mehrfach citierten Mitteilung beschriebenen Versuchen gewährt die Benutzung des Röhrentauchers die Möglichkeit, diese Versuche mit enghalsigen, hohen Flaschen, anstatt der Cylinder, ausführen zu können. Es ist dadurch viel leichter möglich, für die Gefäße die unbedingt erforderlichen luftdicht schließenden Korke zu beschaffen.

Die Taucher mit seitlicher Öffnung aus weißem, sowie hellfarbigem Glase nebst „Taucherglocke“ sind außer von A. Eichhorn, auch von Meiser und Mertig in Dresden, sowie von G. Lorenz in Chemnitz zu beziehen.

Einfache Schulversuche zur Lehre von der Wärmestrahlung.

Von

Dr. K. T. Fischer, Privatdozent a. d. technischen Hochschule München.

Von drei möglichst gleichen Stabthermometern, welche in ganze Grade eingeteilt sind, wird das eine in eine Mischung von Alkohol-Rufs eingetaucht, so daß sein Quecksilbergefäß gut geschwärzt wird, das zweite wird mittelst der Martinschen Versilberungsflüssigkeit unten versilbert, das dritte bleibt blank.

1. Die drei Thermometer zeigen die gleiche Temperatur und zwar die ihrer Umgebung z. B. der Zimmerluft an, solange nur diese auf sie einwirkt und sich keine

Wärmequelle von höherer Temperatur als die Umgebung in der Nähe der Thermometer befindet.

2. Bringt man aber z. B. eine Rundbrennerlampe auf ca. 20 cm Entfernung an die 3 Thermometer heran, welche symmetrisch zur Lampe angeordnet sein müssen (Fig. 1), so beginnen sie verschieden rasch zu steigen und geben schliesslich constante Angaben, welche aber von einander sehr abweichen: Das berufte Thermometer stellt sich auf die höchste Temperatur ein, das versilberte auf die niedrigste, das blanke weist eine zwischen beiden und zwar näher an der des beruften liegende Angabe auf. Der Grund hierfür ist folgender: Die Thermometer erwärmen sich erstens infolge der Wärmeleitung, die zwischen der umgebenden Luft und ihnen stattfindet, und dieser zufolge suchen sie die Temperatur der Umgebung anzunehmen; dieser Wirkung gegenüber verhalten sich alle 3 Instrumente gleich; zweitens aber strahlt

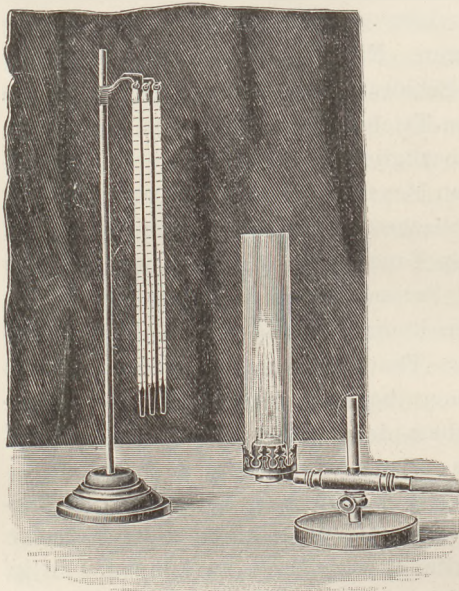


Fig. 1.

den Thermometern von der Rundbrennerlampe Wärme zu, welche an den Thermometern in verschiedenem Grade absorbiert bzw. reflektiert wird; diese Wärmestrahlen erwärmen die Luft nur sehr wenig, aber an den verschiedenen Oberflächen der drei Thermometer werden sie in sehr verschieden hohem Grade absorbiert: Das berufte Quecksilbergefass absorbiert die Wärme, welche ihm zustrahlt, fast vollständig, das versilberte dagegen fast keine, sondern es reflektiert die Wärmestrahlen sehr vollständig, ähnlich wie die Lichtstrahlen; das blanke Thermometer absorbiert einen grossen Theil der Wärmestrahlen, da sie in ziemlichem Betrage in das Glas des Quecksilbergefassses eindringen und dort „verschluckt“ werden. Aus diesem Grunde giebt nur das versilberte Thermometer mit grosser Annäherung die Temperatur der umgebenden Luft an (Schliesse hieraus auf die Unbestimmtheit des unter „Wetterbericht“ in Zeitungen zu findenden

Ausdruckes: „Angabe des Thermometers in der Sonne“). Die stationäre Einstellung des beruften und des blanken Thermometers wird dadurch erreicht, dass sie, infolge der Absorption über die Umgebungstemperatur erwärmt, ihrerseits wieder durch Strahlung und Leitung Wärme an die Umgebung abgeben; ist die Wärmemenge, welche sie infolgedessen abgeben, gleich der Menge der ihnen zugestrahnten und absorbierten Wärme, so nimmt der Quecksilberfaden in ihnen eine unveränderliche Stellung ein. Natürlich ist diese bei beiden verschieden.

Löscht man die Gaslampe, so kühlen sich die drei Thermometer verschieden rasch ab; am raschesten das geschwärzte, da die Körper um so mehr Wärme ausstrahlen, je leichter sie dieselbe absorbieren (Kirchhoffs Satz vom Absorptions- und Emissionsvermögen). Schliesslich aber stellen sich alle drei Thermometer wieder auf gleiche Temperatur ein. Die Figur 2 zeigt das Resultat einer Beobachtungsreihe, welche von 2 Beobachtern, die möglichst gleichzeitig in Zwischenräumen von 1 Min. Ablesungen machten, ermittelt wurde.

3. Bringt man an die Stelle der Gaslampe ein Becherglas mit einer kräftig

wirkenden Kältemischung, so zeigen das blanke und das berußte Thermometer eine tiefere Temperatur an, als die der Umgebung, weil sie mehr Wärme an die Kältemischung ausstrahlen.

4. Sehr interessant gestaltet sich der Versuch, wenn man unmittelbar, bevor man die Gaslampe anzündet, das zu schwärzende Thermometer in die Rufs-Alkohol-Mischung eintaucht. Es tritt dann am schwarzen Thermometer zuerst Abkühlung ein infolge der Verdunstung des Alkohols; der Einfluß dieser Verdunstung ist bei geeigneter Entfernung der Gaslampe stärker als der der Wärmeabsorption. Wenn indessen in diesem Falle auch das berußte Thermometer zunächst sinkt, so steigt es doch bald sehr rasch wieder an und wenn aller Alkohol verdunstet ist, hat es bald die anderen überholt. In der Figur 2 giebt die gestrichelte Kurve das Verhalten des frisch benetzten, geschwärzten Thermometers wieder.

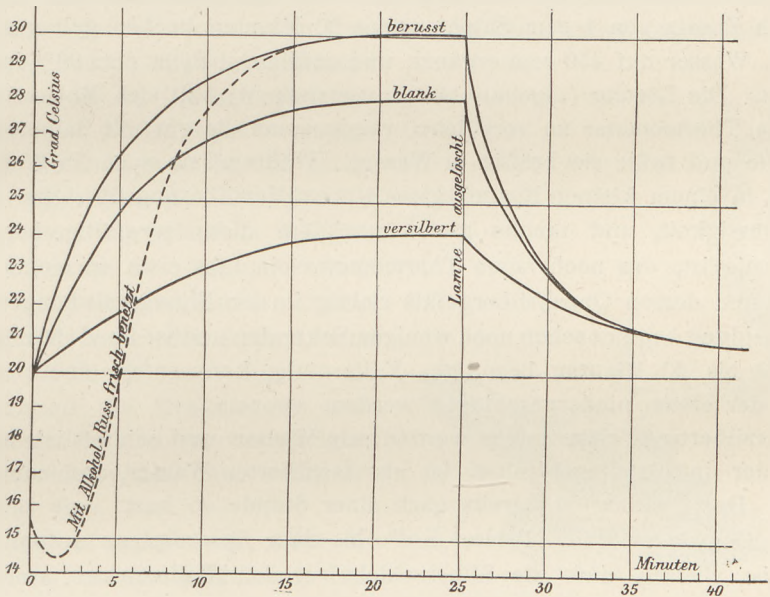


Fig. 2.

5. Bringt man zwischen die Gaslampe und die drei Thermometer verschiedene Körper in Plattenform wie z. B. Glas, Hartgummi, Glimmer, einen schmalen Glaskrog mit verschiedenen Flüssigkeiten, so kann man leicht und einwandfrei die Durchlässigkeit verschiedener Körper für Wärmestrahlen nachweisen.

Selbstverständlich lassen sich die Erscheinungen auch objektiv darstellen, wenn man Projektionsthermometer nimmt; es scheinen mir aber die beschriebenen Versuche deswegen besonders nützlich, weil sie, ohne viele Kosten zu verursachen, als Schülerversuche ausführbar sind.

Die Versilberung der Thermometer stellen wir nach dem alten und in unserem Institute viel und mit Erfolg benützten Verfahren von A. MARTIN (*Pogg. Ann.* 120. 1863, S. 335 ff.) her; es ist sehr einfach auszuführen und lohnt reinliche Arbeit durch gute und dauerhafte Überzüge.

Man bereite zunächst:

1. Eine Lösung von 10 g salpetersaurem Silber in 100 g destilliertem Wasser. — 2. Eine wässrige Ammoniaklösung von der Dichte 0,985; eine solche erhält man genügend genau, wenn man zu 50 ccm käuflichen „Salmiakgeistes“ 80 ccm

destilliertes Wasser fügt. — 3. Eine Lösung von 20 g Aetznatron in 500 g destilliertem Wasser.

Aus diesen drei Lösungen stellt man sich die Versilberungsflüssigkeit her: Zu 12 ccm von Lösung 1 tropfe man so lange Lösung 2 (ca. 8 ccm) zu, bis sich der entstehende Niederschlag wieder auflöst und setze 20 ccm L. 3 dazu, was einen schwarzen Niederschlag bewirkt. Man setze wiederum vorsichtig von L. 2 zu, nicht bis die Lösung vollständig klar ist, sondern nur, bis der Niederschlag aufgelöst ist. (Gut schütteln.) Um zu vermeiden, daß L. 2 im Ueberschuß vorhanden, tropfe man noch ein wenig von L. 1 zu, bis wieder Ausscheidung erfolgt und verdünne mit destilliertem Wasser, bis das Gesamtvolumen = 160 ccm ist. Die nicht ganz helle Lösung lasse man bis zum nächsten Tage stehen. Sie wird dann vollständig klar, ist zum Gebrauch fertig und hält sich im Dunkeln mehrere Wochen.

4. Reduktionsflüssigkeit: 25 g Zucker in 200 g destilliertem Wasser gelöst, werden nach Zusatz von 1 ccm Salpetersäure 20 Minuten kochen gelassen, dann mit destilliertem Wasser auf 450 ccm ergänzt, und endlich noch 50 ccm 96%iger Alkohol dazu gesetzt. Die Lösung (sogenannter „Invertzucker“) hält sich Monate lang.

Um die Thermometer zu versilbern, reinige man sie gut mit Salpetersäure oder scharfer Seife und spüle sie kräftig in Wasser. Während sie noch im Wasser stehen, mische man in einem kleinen Reagenzglase 10 ccm Versilberungsflüssigkeit und 1 ccm Reduktionsflüssigkeit, und tauche gleich nachdem diese sorgfältig herzustellende Mischung fertig ist, das noch nasse Thermometer ein, das etwa an einem Stativ befestigt wird und dessen Quecksilbergefaß richtig in der Flüssigkeit hängen soll. Die Silberausscheidung beginnt schon nach wenigen Sekunden und ist im diffusen Tageslicht in 20 bis 30 Minuten beendet. Falls nötig, kann sofort eine zweite Silberschicht auf der ersten niedergeschlagen werden.

Die versilberten Thermometer werden mit Wasser und schließlich mit Alkohol abgespült, der in der Regel reiner ist als destilliertes Wasser, und zum Trocknen aufgehängt. Der Überzug ist bereits nach einer Stunde so hart, daß er vorsichtig mit feinem Gamsleder und „Pariser Rot“ bis zum Spiegelganz aufpoliert werden kann. Es ist wichtig, daß die Silberschicht vor dem Polieren erst vollständig getrocknet und hart geworden ist.

Ein so versilbertes Thermometer hält sich bei sorgfältiger Behandlung jahrelang.

Versuche mit einem Vakuumelektroskop.

Von

H. Pflaum in Riga.

Eine Beschreibung des Apparats ist bereits in den Annalen der Physik (1900, I, S. 290 ff.) gegeben worden; da derselbe aber unterdeß eine neue Form erhalten hat, in welcher es möglich war, ihn dem absoluten Vakuum noch näher zu bringen, so sei es gestattet, ihn hier nochmals zu beschreiben und auch eine Abbildung beizufügen.

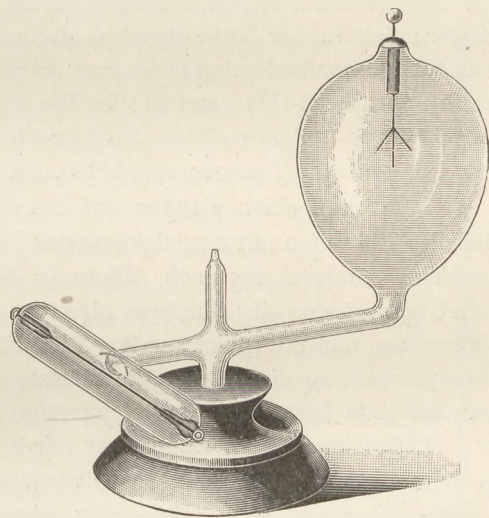
Der Apparat besteht aus zwei mit einander zusammenhängenden Teilen, dem eigentlichen Elektroskop und einer als Vakuummeter dienenden Glasröhre, in welche zwei einander bis auf etwa 1 mm genäherte Drähte eingeschmolzen sind. Während des Evakuierens oder aber während des Vorversuchs, welcher über die Höhe des im

Apparate herrschenden Vakuums unterrichten soll, wird zwischen Elektroskop und Vakuummeter ein zur Erde abgeleitetes Stanniolblatt gebracht. Auf diese Weise ist es möglich, hochgespannte Ströme durch das Vakuummeter zu leiten, ohne dafs dadurch die zarten Blättchen des Elektroskops beschädigt werden. Das Elektroskop selbst besteht aus einem birnförmigen Glasballon, in welchem ein starker Aluminiumdraht eingeschmolzen ist. Letzterer trägt eine kleine polierte Aluminiumkugel und geht im Innern des Glasballons in eine flache Lamelle mit abgerundeten Kanten über, an welchen die etwa 1 cm langen und $1\frac{1}{2}$ mm breiten Pendelblättchen aus starker Aluminiumfolie befestigt sind. Knopf und Lamelle sind sorgfältig poliert, Spitzen und Unebenheiten vermieden, die Schmelzstelle durch Firnifs isolirt. Für die Güte der Isolation spricht der Umstand, dafs schwächere Ladungen sich bei trockener Witterung stundenlang halten.

Schaltet man das Vakuummeter der Funkenstrecke eines Induktoriums parallel, so bleibt der Apparat vollkommen dunkel, falls die Funkenstrecke nicht mehr als 62 mm beträgt, jedoch auch bei gröfseren Funkenstrecken bis zu 100 mm und darüber gehen die Entladungen vorzugsweise durch die Luft, was für den hohen Grad des im Apparate herrschenden Vakuums spricht, der jedenfalls weit jenseits des Vakuums der Röntgenstrahlen liegt. Herr Glastechniker Müller-Unkel in Braunschweig liefert den Apparat zum Preise von 35 Mark pro Stück und hofft in Zukunft die Evakuierung noch weiter fortsetzen zu können, was übrigens an den Versuchsergebnissen nur wenig ändern dürfte.

Der Apparat eignet sich, falls die Aufsenwandung und die umgebende Luft genügend trocken sind, zum unmittelbaren Nachweise der beim Reiben von Metall gegen Isolatoren und Halbleiter auf ersterem auftretenden Elektrizitätsart. Es genügt vollkommen, mit dem zu untersuchenden Körper leicht über den Aluminiumknopf hinzustreichen, um augenblicklich eine meist 90° und darüber betragende Divergenz der Blättchen zu erreichen. Dabei ergibt sich, dafs der gut polierte Aluminiumknopf gegenüber den meisten Körpern elektropositiv wird, z. B. gegenüber Holz (rauh oder poliert), Kork, Marmor, Wachs, Stearin, Leder (rauh oder glatt), Celluloïd, Plüsch, Radiergummi, Doppelspat, glattes Papier, Seide, Wolle, Guttapercha, Siegellack, Schwefel, Bernstein, Kolophonium, Kautschuk, Zucker, Alabaster etc., elektronegativ dagegen beim Reiben gegen rauhes Papier, Porzellan, Perlmutter, Haare, Borsten, Quarz, Arragonit, Glas etc. Die Versuche sind so leicht und einfach auszuführen, dafs eine Stunde hinreichen würde, um gegen hundert Körper auf ihr elektrisches Verhalten gegenüber dem Metallknopf des Elektroskops zu untersuchen. Dabei treten bei diesen Versuchen, wohl wegen der geringen Spannung der erregten Elektrizitätsmengen, keine störenden Condensatorwirkungen der Glaswandungen auf, wie sie z. B. im Folgenden beschrieben werden sollen.

Nähert man einen elektrisierten Körper dem Knopfe aus gröfserer Entfernung, so divergieren die Blättchen in gewöhnlicher Weise, d. h. mit einer Ladung, die



derjenigen des genäherten Körpers gleichnamig ist. Nähert man den elektrisierten Körper bis auf ca. 20—25 cm, so wird die gleichnamige Elektrizität aus den Blättchen verdrängt, was sich an einem leichten Zucken der Blättchen sichtbar macht, ohne daß dieselben in die Ruhelage zurückkehren. Die Blättchen sind nun ungleichnamig, die Glashülle gleichnamig mit dem genäherten Körper geladen. Leitet man jetzt die Glashülle zur Erde ab, so nimmt die Divergenz der Blättchen zu, leitet man hingegen den Knopf ab, so verschwindet die Divergenz oder tritt nach voraufgegangener Entladung mit dem entgegengesetzten Zeichen auf.

Nähert man den elektrisierten Körper den Blättchen von unten her, so tritt auf größere Entfernung eine zeitweilige Divergenz mit ungleichnamiger Elektrizität ein, bei geringer Entfernung aber eine Dauerladung mit gleichnamiger Elektrizität. Das Ausströmen der ungleichnamigen Elektrizität verrät sich auch jetzt durch ein leichtes Zucken der Blättchen. Leitet man darauf den Knopf ab, so nimmt die Divergenz bedeutend zu, bei Ableitung des Glases tritt Entladung ein oder es erfolgt Divergenz der Blättchen mit ungleichnamiger Elektrizität. — Hält man den elektrisierten Körper längere Zeit in der Nähe des Knopfs, resp. unterhalb der Lamelle, während die Glaswandungen zur Erde abgeleitet sind, so werden die Blättchen von der Lamelle angezogen und legen sich ganz an dieselbe an. Es sind die Blättchen also durch das Klebemittel, durch welches sie an die Lamelle befestigt sind, von letzterer schwach isoliert und können eine Ladung annehmen, die derjenigen der Lamelle entgegengesetzt ist.

Läfst man einen Funken auf den Knopf des Elektroskops überspringen, so laden sich die Blättchen mit ungleichnamiger Elektrizität, meist aber divergieren sie zunächst garnicht, sondern erst nach Ableitung der Glashülle; wird dagegen der Knopf nach dem Überspringen des Funkens abgeleitet, so wechselt die Ladung der Blättchen, sie divergieren nun mit gleichnamiger Elektrizität. Läfst man den Funken auf die Glashülle überspringen, so divergieren die Blättchen ebenfalls zunächst garnicht, nach Ableitung der Glashülle jedoch mit ungleichnamiger, des Knopfes mit gleichnamiger Elektrizität.

Leitet man den Knopf zur Erde ab und nähert den elektrisierten Körper, so tritt trotzdem sehr starke Divergenz der Blättchen auf und zwar mit ungleichnamiger Ladung, diese Divergenz nimmt bei nachheriger Ableitung der Glashülle etwas zu und verschwindet bei Ableitung des Knopfes. Ist während der Annäherung des elektrisierten Körpers die Glashülle abgeleitet, so laden sich die Blättchen gleichnamig oder scheinen ungeladen, in letzterem Falle sind sie jedoch auch gleichnamig geladen und wird die Divergenz sichtbar nach Ableitung des Knopfs.

Wird bei abgeleiteter Glashülle der Körper von unten her den Blättchen nahe gebracht, so laden sich die Blättchen gleichnamig; leitet man dann die Glashülle von Neuem ab, so divergieren sie mit ungleichnamiger Ladung, nach Ableitung des Knopfs nimmt die Divergenz mit gleichnamiger Ladung zu. Wird bei abgeleitetem Knopf der Körper den Blättchen von unten her genähert, so tritt Divergenz mit ungleichnamiger Ladung auf, die sich bei Ableitung der Glashülle verstärkt, bei Ableitung des Knopfs verschwindet.

Die vorstehend beschriebenen Erscheinungen illustrieren deutlich die Influenz- und Condensatorwirkungen der Glashülle; um diese Versuche einem größeren Zuhörerkreis sichtbar machen zu können, wird man sich, wegen der Kleinheit der Blättchen, eines Projektionsapparates bedienen müssen. Die Wandungen der Glasbirne sind recht durchsichtig und frei von metallischem Niederschlag und auch die Krümmung der Wandungen stört den Projektionsversuch nicht.

Vorlesungsversuche¹⁾.

Von

Prof. Maximilian Rosenfeld in Teschen.

1. Ein vereinfachter Apparat zur volumetrischen Elektrolyse.

Der Apparat besteht, wie Fig. 1 zeigt, aus einem 7 cm hohen und 3 cm breiten Cylinder *c*, welcher mit zwei gut passenden Kautschukpfropfen versehen ist, von denen der obere zwei 70 cm hohe und 1 cm breite, mit Hähnen versehene Gassammelröhren trägt. Im unteren, mit drei Öffnungen versehenen Pfropfen sind zwei Elektroden und ein rechtwinkelig gebogenes Röhrchen *r* befestigt, an welches sich ein mit Glastrichter *t* versehener Kautschukschlauch *s* anschließt. Die Gassammelröhren, welche bei gleicher Höhe genau gleichen Rauminhalt besitzen müssen, reichen fast bis zum unteren Pfropfen hinab; das Röhrchen *r* ragt 5 mm in das Innere des Cylinders hinein und die Elektroden sind 6 cm höher als der Cylinder²⁾.

Wie aus dieser Beschreibung hervorgeht, ist der Apparat so eingerichtet, dass sich mit ihm die entsprechenden volumetrischen Versuche in kürzester Zeit und unter Anwendung eines schwachen Stromes ausführen lassen. Es ist zweckmäßig, während der Zersetzung des Wassers oder des Ammoniaks die Flüssigkeit durch Bestreichen der Röhren mit der Gasflamme zu erhitzen. Selbstverständlich kommen bei der Elektrolyse des Wassers Platinelektroden zur Verwendung.

Bei der Zerlegung der Salzsäure wird folgendermaßen verfahren: Nachdem die Röhren mit einem Gemisch aus gleichen Raumteilen Wasser und concentrirter Salzsäure gefüllt wurden, erhitzt man dieselben bei geschlossenen Hähnen mit der Gasflamme bis auf etwa 60° und leitet sodann, um die Flüssigkeit mit Chlor zu sättigen, bei offenen Hähnen den elektrischen Strom zwei Minuten lang hindurch. Man unterbricht nun den Strom, schließt die beiden Röhren ab und erhitzt dieselben mit der Gasflamme möglichst stark, indem man mit der Erwärmung von unten nach oben zu fortschreitet. Da sich hierbei in der Anodenröhre Chlor ansammelt, so müssen nach hinlänglichem Erhitzen die beiden Flüssigkeitssäulen gleich hoch gestellt werden. Dies geschieht durch Herabsenken der Flüssigkeit im Wasserstoffschenkel, wobei die Chlorröhre nicht mehr geöffnet werden darf. Wird jetzt der Strom geschlossen, so sind die beiden Röhren in wenigen Sekunden zu gleichen Raumteilen mit Gas erfüllt. Es ist angezeigt, auch während der Elektrolyse die Flüssigkeit durch momentanes Bestreichen der Röhren mit der Flamme zeitweise zu erhitzen.

Der Versuch nimmt, in der hier beschriebenen Weise ausgeführt, nur wenige Minuten Zeit in Anspruch und ergibt bei genauer Befolgung der gegebenen Weisungen ausgezeichnete Resultate. Die Stellung des Trichters während der Elektrolyse hat auf das Ergebnis des Versuches keinen Einfluss.

Dieser Apparat ist, abgesehen davon, daß die volumetrischen Versuche sich



Fig. 1.

¹⁾ Vorgeführt auf dem 7. deutschen Mittelschultage in Wien am 9. April d. J.

²⁾ Anm. der Red. Man vergleiche den Apparat von B. Kolbe, d. Zeitschr. X, 75.

damit in kürzester Zeit ausführen lassen, schon deshalb für den Gebrauch an Mittelschulen sehr geeignet, weil im Falle einer Beschädigung die einzelnen Teile leicht zu ersetzen sind.

2. Synthese der Salzsäure.

Im Jahre 1887 habe ich (*Ber. d. chem. Ges.* XX, 6) einen elektrolytischen Apparat beschrieben, mit welchem sich bei Anwendung eines Stromes von zwei Bunsenschen Elementen Glaskugeln oder Röhren in wenigen Minuten mit Chlorknallgas füllen lassen. Dieser Apparat läßt sich nun durch Beseitigung des Umhüllungscylinders wesentlich vereinfachen und besteht (Fig. 2) aus einem 23 cm hohen und 2 cm weiten Glasrohre *z*, in dessen unterer Öffnung mittels eines Kautschukpfropfens zwei 12 cm lange Kohlenelektroden befestigt sind und dessen obere Öffnung einen mit einem 14 cm hohen zweischenkeligen Kugelrohre *k* versehenen Pfropfen trägt. Damit sich die beiden Kohlenstäbe nicht berühren, ist der eine derselben mit einem Stück Kautschukschlauch *s* versehen. Zur Ausführung der Operation füllt man die Röhre *z* nicht ganz zur Hälfte mit einer Mischung aus gleichen Raumteilen Salzsäure und Wasser, welche in der Hitze mit Kochsalz gesättigt wurde, fügt noch etwas Kochsalz hinzu und erhitzt sodann die Flüssigkeit, welche höchstens die Spitzen der Elektroden erreichen darf, durch Bestreichen der Röhre mit der Gasflamme.



Fig. 2.

Wird nun bei ununterbrochenem Erwärmen der Strom von zwei Bunsen-Elementen durch die im Rohre befindliche Flüssigkeit geleitet, so tritt eine so lebhaft Gasentwicklung ein, dass schon nach Verlauf weniger Minuten eine an der Röhre *k* befestigte Glaskugel zur Explosion gebracht werden kann. Zu diesem Zwecke hängt man die mit Chlorknallgas gefüllte und an beiden Enden mit Kautschukschlauch und Glasstab verschlossene Glaskugel mit Hülfe eines mit einem Haken versehenen starken Zinkblechdeckels in einen Glascylinder und belichtet letzteren mit brennendem Magnesium. Nach fünf Minuten langem Einleiten von Chlorknallgas explodieren die Kugeln so heftig, dass dünnwandige Cylinder durch den Stofs zerbrechen; man verwende daher nur starkwandige Cylinder. Die Hofmannsche Kugelröhre, mit welcher der experimentelle Beweis ausgeführt wird, dass Chlor und Wasserstoff sich ohne Volumveränderung mit einander vereinigen, ist nach zehn Minuten langem Durchleiten vollständig mit Chlorknallgas gefüllt.

An die Beschreibung dieses Versuches knüpft Hofmann (*Einl. in die moderne Chemie*, 5. Aufl., S. 57) folgende Bemerkung: „Außerdem verdient bemerkt zu werden, dass die Verbindung der beiden Gase von beträchtlicher Wärmeentwicklung begleitet ist und der gebildete Chlorwasserstoff infolge seiner momentan vermehrten Spannung die Röhre zerschmettern könnte. Man versäume daher nicht, wenigstens das Auge zu schützen. Eine Scheibe starken Spiegelglases mit einem Holzgriffe, oder besser noch ein Drahtnetzschirm eignet sich trefflich für solchen Zweck.“

Ich habe bereits vor zwölf Jahren (*Ber. d. ch. G.* XX, 6) darauf aufmerksam gemacht, dass eine solche Zertrümmerung der Röhre auch wirklich vielfach erfolgt und es daher unzulässig ist, diesen Versuch auf die übliche Weise durch Belichtung der frei schwebenden Kugelröhre auszuführen. Auf Grund neuerlich ausgeführter Versuche, bei welchen von zehn Röhren fünf zertrümmert wurden, empfehle ich daher nochmals, zum Schutze des Experimentators und der Schüler die Röhre zur Belichtung in einen Holzkasten einzuhängen, welcher in der Höhe der Kugel mit einer kleinen, starkwandigen Glasscheibe versehen ist.

3. Eine einfache Methode der Teilung der Flamme.

Während Teclu zur Ausführung seines interessanten Versuches über die Teilung der Flamme seinen gut ziehenden Brenner und besonders construierte Röhren verwendet, gestattet die folgende Methode die Anwendung jedes beliebigen Brenners und einer einfachen Glasröhre. Der Versuch wird mit einem etwa 70 cm langen und 1,5 cm weiten Verbrennungsrohre vorgenommen, welches im dritten Teile seiner Höhe mit einem nach dem kürzeren Teile der Röhre zu fingerhutförmig ausgebogenen und an die Wandung fest anschließenden Drahtnetze versehen ist.

Diese Röhre befestigt man, mit der ausgebogenen Seite des Drahtnetzes nach unten, an einem Stativ in solcher Höhe über einem beliebigen Brenner, daß sich die beiden Mündungen berühren, läßt das Leuchtgas bei offener Luftzufuhr des Brenners ausströmen und entzündet es an der Mündung der Röhre. Hebt man nun die Röhre, welche zu diesem Zwecke nicht allzu fest in der Klammer befestigt ist, in die Höhe, so wird man bald eine Stellung erreichen, bei welcher die Teilung der Flamme erfolgt. Damit die Verschiebung genau in der Richtung des Brenners erfolgt, ist es angezeigt, die Röhre zwischen zwei von einander abstehenden Klammern zu befestigen. Um auf diese Weise eine schwebende Flamme zu erhalten, muß die Röhre ungemein langsam gehoben werden. Sehr sicher gelingt jedoch der Versuch, wenn man die Röhre vor der Verschiebung etwa 5 cm unter dem oberen Ende an einer Stelle mit der Brennerflamme möglichst stark erhitzt. Hebt man sodann die Röhre in die Höhe, so erfolgt die Teilung sehr leicht und man erhält die schwebende Flamme genau an der erhitzten Stelle.

Durch Erhitzen der Röhre unterhalb der schwebenden Flamme kann diese auf jeden beliebigen Punkt herabgesenkt werden, ein Beweis dafür, daß die Verbrennung der Gassäule unterhalb dieser Flamme nur aus Mangel an der hierzu nötigen Wärme nicht erfolgt.

Viel imponanter gestaltet sich der Versuch bei der Anwendung von Acetylen. Die Teilung der Acetylenflamme wird ganz auf dieselbe Weise wie die der Leuchtgasflamme ausgeführt, nur mit dem Unterschiede, daß man das Glasrohr über die Brenneröhre stülpt, zuerst die Luftzufuhr des Brenners schließt und dieselbe erst nach dem Entzünden des Gases an der Röhrenmündung wieder öffnet. Schiebt man nun die Röhre in die Höhe, so wird die russende Flamme bei einer bestimmten Stellung leuchtend und teilt sich sodann beim weiteren Heben in zwei große, leuchtende Flammen.

4. Über das Tönen der geteilten Flamme.

Bei der Ausführung des vorher beschriebenen Versuches bemerkt man, daß die untere Flamme, wenn sie durch Heben der Röhre herabsinkt, in Schwingung gerät und zu tönen beginnt. Erreicht diese Flamme das Drahtnetz, so bleibt sie auf demselben unter lebhaftem Tönen haften. Man kann zur Ausführung dieses Versuches, welcher die Heftigkeit der Bewegung der Gasteilchen an dieser Stelle zur Anschauung bringt, Röhren von beliebiger Höhe, bis zu 10 cm herab, verwenden und sie in einem solchen Abstände über dem Brenner befestigen, daß die geteilte Flamme das Drahtnetz erreicht, daher beim Entzünden des Gases an der Mündung der Röhre sofort zum Tönen gebracht wird. Damit die Röhre durch die sehr heiße tönende Flamme nicht springe, muß das Drahtnetz fingerhutartig gebogen sein. In diesem Falle befindet sich die Flamme nur am Grunde des Drahtnetzes, und die Ränder desselben schützen die Röhre vor allzu starker Erwärmung.

Sehr hübsch gestaltet sich der Versuch, wenn man mehrere entsprechend gestimmte Pfeifen zu einem Accorde vereinigt und sodann während des Tönens einen nicht zu weiten Cylinder abwechselnd über die einzelnen Pfeifen langsam herabsenkt, wobei die anderen Töne sich dem so veränderten einzelnen Tone zu neuen und verstärkten Accorden anpassen. In dieser Form vorgeführt, kann die Vorrichtung ganz passend eine chemische Orgel genannt werden.

Beim Abbrennen von Acetylen in einer Explosionspipette (*diese Zeitschr. XI, p. 271*), in deren Hals, etwa 4—7 cm über der Kugel, ein nach unten ausgebogenes Drahtnetz befestigt ist, erfolgt zuerst die Teilung der Flamme, sodann das Tönen der geteilten Flamme auf dem Drahtnetze und endlich die Explosion des in der Kugel befindlichen Gasgemisches.

Versuche über das Rollen auf kreisförmiger Bahn.

Von

A. v. Obermayer in Wien.

Bei den meisten Versuchen, welche zum Nachweis der Grundgesetze der Mechanik in Vorlesungen vorgeführt werden, treten allerlei begleitende Erscheinungen auf, welche die Theorie der Versuche complicieren, wie bei der Atwoodschen Fallmaschine, beim Rollen einer Kugel in einer Rinne u. dgl. m. In dem letzteren Falle, bei einer Neigung der Rinne zum Horizonte um den Winkel α wäre die Beschleunigung eines ohne Reibung herabgleitenden schweren Punktes $g \sin \alpha$. Die Beschleunigungen des Schwerpunktes einer rollenden Kugel, eines rollenden Cylinders oder Cylindermantels sind $\frac{5}{7}g \sin \alpha$, $\frac{2}{3}g \sin \alpha$, $\frac{1}{2}g \sin \alpha$. Die durch die Arbeit der Schwere erzeugte lebendige Kraft teilt sich bei diesen Körpern, und zwar für ähnliche Körper stets in demselben Verhältnisse, zwischen die Translation und die Rotation.

Ein Nachweis dieses Verhaltens würde eine Zeitmessung und damit eine immerhin weitläufigere Versuchsanordnung erfordern. Lässt man aber diese Körper auf Schienen rollen, welche nach einem Kreisbogen gekrümmt sind, so kann mit Zuhilfenahme eines Pendels, welches hinter der Schiene schwingt und dessen Schwingungsmittelpunkt einen Kreis von demselben Halbmesser beschreibt, wie der Mittelpunkt der rollenden Körper, eine derartige Messung sehr einfach ausgeführt werden.

Sehr anschaulich werden derlei Versuche bei Anwendung kreisförmiger Scheiben, welche nicht auf dem Umfange, sondern auf concentrisch eingesetzten Achsen rollen. Es ist dann möglich, die Durchmesser der letztern so zu wählen, dass das Pendel 3, 5, 7, 9 Hin- und Hergänge während eines Hinganges des rollenden Körpers ausführt. Beginnen das Pendel und der rollende Körper ihre Bewegung aus dem grössten Ausschlage auf einer Seite, so treffen sie auf der entgegengesetzten Seite gleichzeitig ein, aber das Pendel nach 3, 5, 7, 9 . . . Schwingungen. Diese Erscheinung lässt sich von einem sehr grossen Auditorium beobachten.

Den Halbmesser der Kreisbahnen wählt man zweckmässigerweise gross, so dass auch bei den grössten Ausschlägen der Winkel der gleitenden Reibung, für Gufseisen auf Gufseisen $9^\circ 6'$, für Schmiedeeisen auf Gufseisen $10^\circ 12'$, nicht erreicht wird. Auch kommt dabei der Unterschied der Bahnhalbesser der rollenden Körper weniger in Betracht, und man reicht mit einem Schienenpaar aus.

Für das Rollen eines Rotationskörpers vom Halbmesser a , auf dem vertikalen Kreise vom Halbmesser b , unter dem Einflusse der Schwere, wenn die Reibung am Umfange der rollenden Fläche, soweit sie das Rollen veranstaltet, mit F bezeichnet wird, hat man für die Bewegung des Schwerpunktes auf dem Kreise vom Halbmesser $b - a$ die Differentialgleichung

$$M(b-a) \frac{d^2 \varphi}{dt^2} = -Mg \sin \varphi - F, \quad (1)$$

worin φ den Ausschlagwinkel des Schwerpunktes aus der Gleichgewichtslage bedeutet.

Für die Drehung unter dem Einflusse der Reibung hat man, wenn mit k der Trägheitshalbmesser des rollenden Körpers bezeichnet wird:

$$Mk^2 \frac{d^2 \Theta}{dt^2} = F \cdot a. \quad (2)$$

Wenn der rollende Kreis aus der Gleichgewichtslage in die durch die Coordinate φ bestimmte Stellung gelangt ist, so hat sich der Halbmesser, welcher in der Gleichgewichtslage vertikal war, um den Winkel Θ gedreht, sich dabei aber ein dem Winkel $\Theta + \varphi$ entsprechender Teil des rollenden Kreisumfangs auf dem festen Kreise abgewickelt. Es ist daher:

$$a(\Theta + \varphi) = b \varphi, \quad \frac{d^2 \Theta}{dt^2} = \frac{b-a}{a} \frac{d^2 \varphi}{dt^2}. \quad (3)$$

Wird dieser Wert in die Gleichung (2) eingeführt und dann in (1) substituiert, so ergibt sich die Differentialgleichung:

$$\frac{d^2 \varphi}{dt^2} = - \frac{a^2}{k^2 + a^2} \frac{g}{b-a} \sin \varphi. \quad (4)$$

Zur Zeit $t=0$ sei die Anfangswinkelgeschwindigkeit $\frac{d\varphi}{dt} = 0$, und die Ausweichung aus der Gleichgewichtslage $\varphi = \varphi_0$, dann ist für den Durchgang durch die Gleichgewichtslage, wenn noch:

$$(b-a)(1 - \cos \varphi_0) = h \quad (4), \quad \frac{a^2}{a^2 + k^2} = \frac{1}{z^2} \quad (5)$$

gesetzt werden, die Geschwindigkeit v_0

$$v_0 = \frac{1}{z} \sqrt{2gh}. \quad (6)$$

Werden unendlich kleine Schwingungen vorausgesetzt und statt des $\sin \varphi$ der Bogen φ eingeführt, so geht die Differentialgleichung unter Berücksichtigung von (5) über in:

$$\frac{d^2 \varphi}{dt^2} = - \frac{1}{z^2} \frac{g}{b-a} \varphi$$

und damit wird die Schwingungsdauer:

$$\tau = z \cdot \pi \sqrt{\frac{b-a}{g}}, \quad \tau = z \tau_0, \quad (7)$$

wenn mit τ_0 die Schwingungsdauer des Pendels von der Länge $(b-a)$ bezeichnet wird. Wird mit τ_0' die Schwingungsdauer des Pendels bei endlichem Ausschlage bezeichnet, so gilt auch noch die Gleichung

$$\tau' = z \tau_0'. \quad (8)$$

Für den massiven Cylinder ist $k^2 = a^2/2$, $z^2 = 3/2$, $\tau = \tau_0 \sqrt{1.5} = 1,2247 \tau_0$;

für den Cylindermantel ist $k^2 = a^2$, $z^2 = 2$, $\tau = \tau_0 \sqrt{2} = 1,4142 \tau_0$;

für die Kugel ist $k = 2/5 \cdot a$, $z^2 = 7/5$, $\tau = \tau_0 \sqrt{1,4} = 1,1832 \tau_0$.

Für eine cylindrische Scheibe vom Halbmesser r mit einer Achse vom Halbmesser a wird:

$$z = \sqrt{\frac{r^2 + 2a^2}{2a^2}}. \quad (9)$$

Aus $\tau/\tau_0 = z$ (7), wird für den Halbmesser a der Achse:

$$a = \frac{r}{\sqrt{2(z^2 - 1)}}. \quad (10)$$

Setzt man $z = 3, 5, 7, 9$, so erhält man $a_3 = r/4$, $a_5 = r/\sqrt{48}$, $a_7 = r/\sqrt{96}$, $a_9 = r/\sqrt{160}$.

Die Geschwindigkeiten, mit welcher die Schwerpunkte dieser Scheiben durch die Gleichgewichtslagen gehen, sind nach (6):

$$v_3 = \frac{1}{3} \sqrt{2gh}, \quad v_5 = \frac{1}{5} \sqrt{2gh}, \quad v_7 = \frac{1}{7} \sqrt{2gh}, \quad v_9 = \frac{1}{9} \sqrt{2gh}.$$

Die lebendigen Kräfte der Translation sind dann $\frac{1}{9}$, $\frac{1}{25}$, $\frac{1}{49}$, $\frac{1}{81}$, von jener einer ohne Reibung auf dem vom Schwerpunkte beschriebenen Kreise gleitenden Masse. In der Rotationsbewegung sind enthalten $\frac{8}{9}$, $\frac{24}{25}$, $\frac{48}{49}$, $\frac{80}{81}$. Diese rollenden Scheiben sind geeignet, die Funktion eines Schwungrades anschaulich zu machen.

Je kleiner der Halbmesser des rollenden Umfanges, desto gröfser mufs die Winkelgeschwindigkeit werden, damit bei geometrisch ähnlichen Körpern das Verhältnis zwischen der lebendigen Kraft der translatorischen und der rotatorischen Bewegung das gleiche sei.

Der Faktor $x = \sqrt{\frac{k^2 + a^2}{a^2}}$ ist bloss von dem Halbmesser der rollenden Cylinderfläche

und dem Trägheitshalbmesser des rollenden Körpers abhängig; die Masse des letzteren kommt gar nicht in Betracht. Cylinder von gleichem Durchmesser aber verschiedenem spezifischem Gewichte, führen ihre rollende Bewegung zu gleichen Zeiten aus. Bei grossem Bahnhalmmesser b gilt dies auch mit sehr grosser Annäherung für Cylinder von verschiedenem Durchmesser. Mit der Abnahme des Cylinderhalbmessers nimmt aber die Winkelgeschwindigkeit des rollenden Körpers zu.

Stellt man die Kreisbahn derartig vor das schwingende Pendel, das sich Coinzidenzen beobachten lassen, so findet man, dass solche für den massiven Cylinder nach 8, für den Cylindermantel nach 5 Schwingungen, d. i. nach 10 und 7 Schwingungen des Pendels eintreten, der massive Cylinder geht dabei mit einer Geschwindigkeit $\sqrt{\frac{4}{3} \cdot gh}$, der Cylindermantel mit jener \sqrt{gh} durch die Gleichgewichtslage.

Die Reibung F , von welcher früher die Rede war, vermittelt nur die Umwandlung eines Teiles der von der Schwere geleisteten Arbeit in lebendige Kraft rotierender Bewegung, verkleinert aber nicht die Schwingungsbögen, weil die ganze lebendige Kraft beim Ansteigen der Scheibe sich in potentielle Energie umsetzt. Die Schwingungsbögen nehmen aber tatsächlich ab, und zwar anfangs rascher und später langsamer. Eine constante, aus der Reibung entspringende Verzögerung würde eine Abnahme der Schwingungsbögen um gleich grosse Winkel bei jeder Schwingung zur Folge haben, die Ausschläge würden nach einer arithmetrischen Progression abnehmen. Eine Annäherung an den wirklichen Vorgang, wenigstens innerhalb gewisser Grenzen, wird durch Voraussetzung eines der 1. Potenz der Geschwindigkeit proportionalen Widerstandes erreicht. Man hat nun für die Bewegung des Schwerpunktes die Differentialgleichung:

$$\frac{d^2 \varphi}{dt^2} + \frac{\beta}{x^2} \frac{d \varphi}{dt} + \frac{1}{x^2} \frac{g}{b-a} \varphi = 0 \quad (11)$$

und damit die Schwingungsdauer: τ''

$$\tau'' = x \frac{\pi}{\sqrt{\frac{g}{b-a} - \frac{\beta^2}{4x^2}}} \quad (12)$$

und das logarithmische Decrement:

$$\lambda = \frac{1}{2} \frac{\beta \tau''}{x^2}, \quad (13)$$

womit unter Berücksichtigung der Gleichungen (7):

$$\tau''^2 = x^2 \tau_0^2 \frac{\pi^2 + \lambda^2}{\pi^2} = \tau^2 \frac{\pi^2 + \lambda^2}{\pi^2} = \tau^2 \left(1 + \frac{\lambda^2}{\pi^2}\right). \quad (14)$$

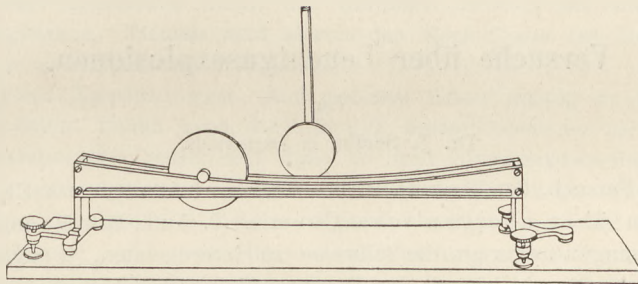
Das Pendel, welches ich construieren liefs, besteht aus einer Holzstange mit den Drehschneiden am oberen und einer kreisförmigen Pendelscheibe von 13 cm Durchmesser nahe dem unteren Ende der Stange. Die Pendelscheibe ist auf einer Hülse befestigt, durch ein Gegengewicht ausbalanciert, läfst sich auf der Stange verschieben und durch eine Schraube

klemmen. Die reduzierte Pendellänge beträgt 219,3 mm. Für die Schwingungsdauer wurden mit Hilfe einer Registriertrommel und dem Quecksilberkontakte eines Uhrpendels, auf unendlich kleine Bögen reduziert, gefunden:

$$\tau_0 = 1,4625 \pm 0,0011 \text{ Sek.}$$

Für das logarithmische Decrement ergaben sich die Werthe $\lambda = 0,00061$ und $\lambda = 0,000455$, wonach die Schwingungsdauer durch den Widerstand, welchen das Pendel findet, kaum beeinflusst wird, wie aus den Gleichungen (14) leicht erkannt wird.

Die Kreisbahn wird aus zwei 78 cm langen gusseisernen, an der oberen Seite mit dem Halbmesser 222,5 cm ausgerundeten Schienen gebildet, welche parallel zu einander an Zapfen von rechteckigem Querschnitt geschraubt sind, die an Dreifüsse angegossen sind. Einer dieser Dreifüsse hat zwei Stellschrauben beiderseits der Längenmitte der Apparate; der andere Dreifuss hat eine Stellschraube in der Längenmitte. Mittels einer Libelle können die Schienen beiderseits horizontal gestellt werden. Der Abstand zwischen den Schienen beträgt 4 cm.



Der massive Gusseisencylinder hat einen Durchmesser von 7,59 cm und eine Länge von 9,08 cm. Für die Schwingungsdauer bei einem beiderseitigen Ausschlage von etwa $5,5^\circ$, d. h. circa 220 mm wurde gefunden $\tau = 1,8125$, während gerechnet und auf den Bögen von $5,5^\circ$ reduziert, gefunden wird $\tau = 1,795$.

Für das logarithmische Decrement wurde hier $\lambda = 0,00322$ und $\lambda = 0,00361$ gefunden, der letztere Wert nahm mit dem Schwingungsbogen ab, der erstere Wert ist nahe constant.

Der kleine Messingring hat einen äusseren Durchmesser von 7,59 cm, ist 8,98 cm lang und besitzt eine Wandstärke von 2,5 mm. Für die Schwingungsdauer wurde 2,071 Sek. bei einem Ausschlage von circa $5,5^\circ$ gefunden und 2,109 Sek. bei Berücksichtigung der Wanddicke gerechnet. Das logarithmische Decrement beträgt hier $\lambda = 0,00609$ und erwies sich merklich constant.

Der grosse Messingring hat einen äusseren Durchmesser von 15,00 cm bei einer Wandstärke von 3 mm und einer Länge von 8,83 cm. Für die Schwingungsdauer wurde hier 1,975 gefunden und 2,094 bei Berücksichtigung der Wandstärke gerechnet. Das logarithmische Decrement war $\lambda = 0,00330$ und nahm mit dem Schwingungsbogen ab.

Eine Gusseisenscheibe von 14,88 cm Durchmesser, 2,25 cm Dicke wurde mit einer Achse von 2,15 mm Durchmesser versehen, welche auf den Schienen rollt. Die Schwingungsdauer wurde 7,29 Sek. gefunden und $1,466 \cdot 5 = 7,330$ Sek. berechnet. Das logarithmische Decrement nahm von kleineren Werten auf $\lambda = 0,01044$ zu, und erhielt sich auf diesem Werte constant, um mit den kleinen Schwingungsbogen rasch zuzunehmen.

Eine Gusseisenscheibe von 14,65 cm Durchmesser, ebenso dick wie die vorige, wurde mit einer Achse von 1,16 cm Durchmesser versehen, mit welcher sie auf den Schienen rollt. Die beobachtete Schwingungsdauer ist 13,08 Sek., die berechnete $1,466 \cdot 9 = 13,194$ Sek. Das logarithmische Decrement $\lambda = 0,01477$ kann als merklich constant angesehen werden.

Über die Achse dieser Scheibe lassen sich Holzringe schieben, welche aussen in Messing gefasst und auf den Durchmesser 3,64 cm abgedreht sind. Die beobachtete Schwingungsdauer ist 4,388 Sek., die gerechnete $1,466 \cdot 3 = 4,398$ Sek. Das logarithmische Decrement nimmt von einem gewissen Schwingungsbogen rasch ab.

Zwei Zinkscheiben von 1,24 cm Dicke und den Durchmessern von 24,41 cm und 27,39 cm wurden mit Achsen von 2,17 cm Durchmesser versehen. Die Schwingungszeiten wurden zu 10,30 Sek. und 12,96 Sek. gefunden und zu $1,466 \cdot 7 = 10,262$ und $1,466 \cdot 9 = 13,194$ Sek. berechnet. Die logarithmischen Decremente sind 0,00804 und 0,00909 und nehmen bei kleinen Schwingungsbögen zu.

Die richtigen und gleichen Durchmesser der rollenden Achshälften wurden auf einer Präzisionsdrehbank von Nic. Richter in Wien durch den Mechaniker F. W. Heidel hergestellt. Je dünner die Achsen, desto empfindlicher erwiesen sich die rollenden Scheiben gegen kleine Unterschiede in den Halbmessern, die so ziemlich unter 0,01 cm bleiben dürften.

Wenn in den beobachteten und gerechneten Schwingungszeiten doch merkliche Unterschiede vorkommen, so ist dies zumeist auf kleine Abweichungen der Schwerpunktlagen aus der geometrischen Achse der rollenden Körper zu setzen, damit dürften auch die Veränderungen des logarithmischen Decrementes zusammenhängen.

Versuche über Leuchtgasexplosionen.

Von

Dr. F. Scriba in Darmstadt.

Ein schöner Versuch, den Heumann in seiner Anleitung zum Experimentieren bei Vorlesungen über anorganische Chemie (2. Aufl., S. 465) angibt, hat mich zu weiteren Untersuchungen angeregt, die teilweise zu interessanten, ja unerwarteten Resultaten geführt haben. Obwohl ich mit der Deutung einiger Erscheinungen noch nicht völlig zu Ende gekommen bin, teile ich einstweilen aus der Zahl meiner Versuche einige mit, die mir für den Unterricht brauchbar erscheinen.

Die Stelle bei Heumann lautet: „ . . . in folgender Weise gelang es mir leicht, gefahrlose Explosionen hervorzurufen. — Eine etwa 1 Liter fassende, starkwandige, dreihalsige Flasche, deren Hälse nicht zu eng sind, wird in der Art vorbereitet, wie es die Figur zeigt (ähnlich wie Fig. 1). Durch den ersten Kork führt man Leuchtgas aus der Gasleitung ein und entzündet das Gas nach einigen Augenblicken, sobald die Luft ausgetrieben ist, an der Mündung der vertikalen, 15 bis 20 cm langen und 1 cm weiten (nicht engeren) Glasröhre, während selbstverständlich der dritte Tubulus geschlossen bleibt. — Hierauf wird die dritte Tubulatur geöffnet und dann der Gashahn zuge dreht. Im ersten Augenblick vergrößert sich die Gasflamme oben an der Röhre, wird aber bald kleiner, und in dem Maße, als der Inhalt der Flasche an Luft reicher wird, welche durch den offenen Tubulus eintritt, verliert die Gasflamme ihre Leuchtkraft, wird blau und senkt sich schliesslich langsam in der Röhre herab. Sobald die Flamme in das Innere der Flasche gelangt, findet mehr oder weniger heftige Explosion statt, welche jedoch ungefährlich verläuft, weil ja durch den offenen Flaschenhals und die Glasröhre den Gasen der Austritt gestattet ist. Aus diesen Öffnungen schlagen während der von dumpfem Knall begleiteten Explosion grosse Flammen heraus.“

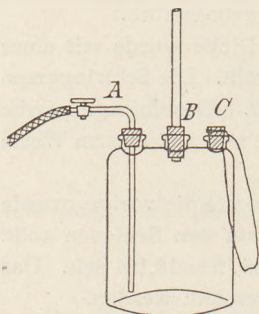


Fig. 1.

Soweit Heumann. Ich benutze zu meinen Versuchen eine dreihalsige Flasche (Fig. 1) von 20 cm Höhe, 12 cm Breite und fast 2 l Inhalt; die Hälse sind 2 cm weit, die innere Weite der Röhren beträgt durchweg 1 cm oder etwas weniger. Der Gasschlauch wird vorteilhaft mit einem Quetschhahn oder die Glasröhre bei A mit einem Hahn versehen, wodurch das Abstellen des Gaszutritts sehr erleichtert wird. Anstatt nach Heumann die Tubulatur C zu öffnen, ist vorzuziehen, die Zuleitungsröhre bei A mit dem Stopfen zu entfernen, ehe der Gashahn geschlossen wird. Denn da bei den später zu beschreibenden

stärkeren Explosionen häufig der Stopfen aus der Flasche geschleudert wird, würde an Tub. A die Röhre zerbrochen werden. Aus demselben Grund muß der Kork bei B lang sein und gut festsitzen. Den Kork bei C befestigt man mit Vorteil durch einen längeren Bindfaden an dem Tubulus. Ich bemerke, daß sämtliche Versuche ohne jede Gefahr sind, wenn die Flasche einigermaßen dickwandig und die Hälse nicht zu eng sind.

1. Das Verhalten der Flamme ist sehr eigentümlich und von Heumann nicht genau angegeben. Die Flamme wird blau und kleiner, aber „sie senkt sich nicht in der Röhre herab“, sondern der innere Rand des heißen Flammenmantels sinkt erst bis an die Öffnung der Röhre und stülpt sich in die Röhre hinein, um dann mit zunehmender Geschwindigkeit hinabzusinken (Fig. 2). Während dieser Zeit bleibt aber der obere Teil der Flamme über der Röhre deutlich sichtbar, was besonders gut im etwas verdunkelten Zimmer zu beobachten ist. Auffallend ist auch die eigentümlich grüne Farbe des heruntersinkenden Flammensaums, besonders im unteren Teil der Röhre. Sobald dieser das Innere der Flasche erreicht hat, erfolgt die Explosion ohne eigentlichen Knall; das Geräusch ist eher mit einem Klatschen zu vergleichen. Niemals wird hierbei der Kork C aus dem Hals geschleudert, wenn er einigermaßen festsitzt.

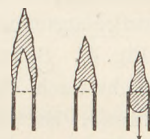


Fig. 2.

2. Verstärkte Explosionen. Auf mehrere Arten gelang es mir, weit stärkere Wirkungen zu erzielen. Schon wenn die Röhre B, anstatt oben in der Flasche zu enden, bis in die Mitte reichte oder besser erst dann so weit hinuntergeschoben wurde, als die Flamme sehr klein geworden war, entstand ein lauter Knall, der fast wie ein Schuß klang. Da das Ausströmen des Gases bei B dann langsamer erfolgte, so wird eine grössere Beimischung von Luft und wohl auch die centrale Zündung als die Ursache der verstärkten Wirkung anzusehen sein. Bei zahlreichen Versuchen, durch andere Röhren die Wirkung zu verstärken, erhielt ich das beste Resultat mit einer Röhre, bei der sich mitten dicht bei einander zwei Kugeln befinden (die Masse in Fig. 3). Der äusserst heftige Knall und das Herausfliegen des Korkes C zeigen, dass die Explosion einen ganz andern Charakter angenommen hat. Der heruntersinkende innere Flammenrand zeigt hierbei ein merkwürdiges Verhalten. Einige cm über der oberen Kugel hält er in seiner Bewegung stille und ein deutliches Tönen wird vernehmbar. Dann erst stürzt die Flamme rasch durch beide Kugeln hindurch in die Flasche.

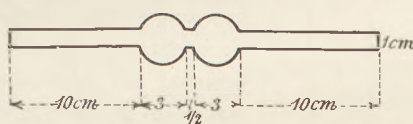


Fig. 3.

Röhren mit nur einer, auch einer weiteren Kugel in der Mitte bringen nur ausnahmsweise die Explosion hervor, wie überhaupt hier sehr verwickelte Verhältnisse vorliegen. Ich habe auch Röhren gefunden, in denen die Flamme zweimal anhält und tönt, andere, bei denen die Erscheinung sich ändert, wenn die Röhre umgekehrt aufgesetzt wird u. s. w. Wie erklärt sich nun diese Änderung im Charakter der Explosion? Es wäre hierbei an zwei Ursachen zu denken: Einmal könnte infolge einer veränderten Ausflufgeschwindigkeit eine günstigere Mischung von Leuchtgas und Luft entstehen. Dann aber könnte in den Kugeln eine Art Vorexpllosion entstehen, die den Verlauf der Explosion in der Flasche in ähnlicher Weise verändert, wie etwa ein Schlagzünder die Explosion einer Dynamitpatrone einleitet. Bekanntlich ist bei solchen Nitroverbindungen die Art der Verbrennung von der Art der Entzündung abhängig: Schiessbaumwolle, die mit einem Streichholz entzündet, ohne Knall rasch verbrennt, explodiert durch einen Zünder der genannten Art mit heftigster Detonation. Dafür, dass bei unserer Gasexplosion ähnliche Verhältnisse vorliegen, spricht folgendes. Man kann auch durch Anwendung einer der oben angeführten Kugelröhren ohne die Flasche Explosionen bewirken, wenn man sie von unten mit Gas füllt, nach dem Entzünden den Schlauch entfernt und dann erst den Gashahn schließt. Sehr bald erfolgt dasselbe Heruntersinken des Flammensaums und in der Kugel eine Explosion, deren Stärke bei verschiedenen Röhren ganz verschieden ist. Bei der oben beschriebenen Zweikugelröhre ist sie schon von recht scharfem Knall begleitet und die

Flamme schlägt unten aus der Röhre heraus. Immer kann man mit Sicherheit aus dem Verhalten der Röhre für sich im Voraus auf die Art der Explosion schliessen, die sie in der Flasche hervorrufen wird. Noch andere Versuche, die hier übergangen werden sollen, deuten darauf hin, dafs verschiedene Beschaffenheit des Gasgemischs bei den beschriebenen Versuchen nicht die Ursache der stärkeren Wirkung ist. So bliebe das immerhin bemerkenswerte Resultat, dafs Gemische von Luft und Leuchtgas mit sehr verschiedener Heftigkeit explodieren können, je nach der Art der Entzündung.

3. Wirkung von Drahtnetzen. In der Absicht, die Wirkung der Drahtnetze, wie sie bei der Davy'schen Sicherheitslampe zur Anwendung kommt, mit demselben Apparat zu demonstrieren, versah ich die Röhre *B* unten mit einer Kappe aus engmaschigem Kupferdrahtnetz (4 Maschen auf 1 qmm), wie sie sich leicht durch Einklemmen eines halbkugelig aufgebogenen Stückchen solches Netzes zwischen Kork und Flaschenhals herstellen läfst (Fig. 4). Später ersetzte ich diese Vorrichtung durch ein längeres Drahtkörbchen, das sich leicht nach Fig. 5 a, b zurechtbiegen läfst. Man rollt das Netz um einen Stab, der etwas dünner ist als die Weite des Tubulus und biegt die Ränder nach Fig. 5, a übereinander. Dann befestigt man nach Fig. 5, b einen Boden aus demselben Netz und hämmert alle über einander liegenden Teile zusammen. Befestigt wird das Körbchen ebenso wie die Kappe in Fig. 4. Benutzt man diese Vorrichtung mit der einfachen Röhre, so schlägt der Flammen-

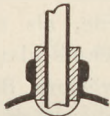


Fig. 4.

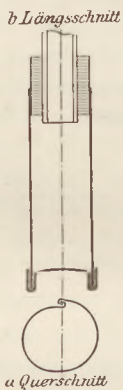


Fig. 5.

saum nur bis an das Drahtnetz und erlischt dann. Bei unbewegter Zimmerluft folgt häufig noch der äussere Flammensaum nach, so dafs ein zweites Heruntersinken beobachtet wird. Nach einigen Augenblicken läfst sich das immer noch in der Röhre aufsteigende Gemisch bei *B* wieder entzünden, sofort schlägt wieder eine Flamme bis an das Drahtnetz, aber selbst bei öfterem Entzünden niemals in die Flasche, obwohl sich dort noch längere Zeit ein explosives Gemisch befindet, wie sich durch Einführen eines nicht zu kurzen, brennenden Spahns in den Tubulus *A* zeigen läfst. Häufig entzündet sich nach mehrmaligem Anzünden das Gasgemisch im Inneren des Körbchens, was besonders an der durch Kupferverbindungen bewirkten Grünfärbung der Flamme erkennbar ist. Es zeigt sich dann, dafs dasselbe Gasgemisch, das unter verschiedenen Bedingungen mit verschiedener Heftigkeit explodieren könnte, hier ruhig brennt, wenn nicht diese scheinbar ruhige Verbrennung eigentlich aus einer raschen Aufeinanderfolge von Verpuffungen besteht. Bei Anwendung einer Zweikugelhöhre schlägt die Flamme das erste Mal nicht in die Flasche, meist aber bei der zweiten oder dritten Entzündung, worauf heftige Detonation erfolgt. Es könnte sich aus diesen Versuchen eine sehr ungleiche Wirkung der Sicherheitslampe folgern lassen, je nach der Heftigkeit der Explosion, die in ihr stattfindet. Schwache Verpuffungen, wie sie ein Gasgemisch von ungünstiger Mischung gibt, könnten lange aufgehalten werden, während heftigere Explosionen von richtiger gemischten Gasen sehr bald nach ausen fortgepflanzt würden.

4. Versuche über den Rückstofs. Mit Benutzung einer gewöhnlichen Krämerwage, deren Balken unter den Schalen liegt, gelang es mir, den Rückstofs nicht nur nachzuweisen, sondern seine Stärke annähernd zu messen. Man bringt zunächst die Flasche nach Wegnahme des Korks und der Röhre bei *A* auf der Wage ins Gleichgewicht, füllt sie dann durch die wiedereingesetzte Röhre bei *A* mit Gas und entzündet dasselbe bei *B* nach Wiederentfernung der Röhre *A*. Im Augenblick der Explosion wird die Wagschale, welche die Flasche trägt, stark heruntergestofsen. Bei Anwendung der Zweikugelhöhre konnte auf die andere Wagschale ein Übergewicht von 250 g gebracht werden, ohne den Ausschlag zu vermindern. Die Gröfse dieses Übergewichts konnte bei den verschiedenen Röhren als Mafsstab ihrer Wirksamkeit dienen. Bekanntlich erklärt sich dieser Rückstofs dadurch, dafs die obere, mit Öffnungen versehene Innenfläche der Flasche einen geringeren Druck erleidet, während auf die untere Wand der volle Druck wirkt und der Druck auf die Seiten-

wände sich aufhebt. Will man diese an sich schon plausible Erklärung durch einen besonderen Versuch verdeutlichen, so kann man sich dazu einer Flasche bedienen, die aufser einem oberen Hals noch einen nicht zu engen seitlichen trägt (Fig. 6). Man stellt die Flasche auf zwei gleich dicke Glasstäbe, die auf einer glatten Fläche, etwa einem Stück Blech, aufliegen und zwar rechtwinklig zur Richtung der seitlichen Tubulatur. Es ist bei *A* nur eine gewöhnliche Röhre und ein gut festsitzender Kork anzuwenden, da er sonst herausgeschleudert würde. Füllt man die Flasche nun durch den Tubulus *B*, aus dem man Stopfen und Röhre nach dem Anzünden des Gases wieder entfernt, so schlägt auch hier die Flamme von oben nach unten durch die Flasche, der Rückstofs aber erfolgt nach der Seite, weil die seitliche Öffnung viel weiter ist als die obere, und die Flasche rollt auf den Glasstäben ein ziemliches Stück fort. Ein leichter Gegenstand, etwa ein Kork oder ein Wattebausch, der in der Richtung der ausströmenden Gase in einiger Entfernung auf dem Tisch liegt, wird weithin fortgeschleudert. Auch mit einer an einem Draht aufgehängten Flasche läfst sich dasselbe zeigen, jedoch mit weniger gutem Erfolg.

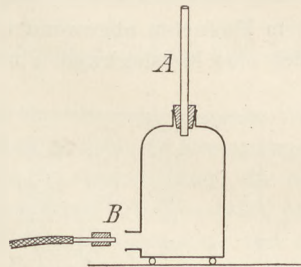


Fig. 6.

Mit Versuchen über das Tönen der heruntersinkenden Flamme und den Einfluss der Weite und Gestalt der Röhren bin ich noch beschäftigt und behalte mir deren spätere Veröffentlichung vor.

Zur Technik der Versuche mit elektrischen Wellen.

Von

W. Biegon von Czudnochowski in Berlin.

Von allen zur Untersuchung und Beobachtung elektrischer Wellen benutzten Verfahren ist unstreitig die Anwendung eines sogenannten Coherers oder Fritters das empfindlichste und zudem auch recht bequem. Es genügt ein einfaches Galvanoskop, das man durch passende Näherung eines schwachen Magneten etwas astasiert, in Verbindung mit einem Fritter und einem Trockenelement, um die Reflexion der an der Funkenstrecke einer kleinen Influenzmaschine erzeugten Wellen an der Zimmerdecke zu zeigen. Für genauere Versuche und für gröfsere Entfernungen ist jedoch die beschriebene einfache Anordnung nicht brauchbar, deshalb bringt man ein Relais zur Anwendung, welches dazu dient einen zweiten, meistens ein Läutewerk enthaltenden Stromkreis zu schliessen.

Es ist ohne weiteres klar, dafs das Relais, als Bindeglied zwischen den beiden Stromkreisen: dem Fritterkreis und dem Glockenkreis, nächst dem Fritter der wichtigste Bestandteil der ganzen Anordnung ist. Ist das Relais mangelhaft, so nützt auch der beste Fritter nichts, wohl aber kann man bei gutem Relais noch mit minder guten Frittern zufriedenstellende Resultate erzielen. Fast alle hierzu verwendeten Relais sind nun sogenannte „polarisierte Relais“, d. h. ihre Wirksamkeit beruht auf der Verwendung permanenter Stahlmagnete; sie besitzen aber zunächst den Fehler, dafs sie sehr teuer sind, ausserdem ist bei transportablen Apparaten eine constante Empfindlichkeit nicht zu erzielen. Dies hat mich bei eignen Versuchen zu einer Form geführt, die recht einfach und eigentlich keine Neukonstruktion ist, die sich aber bei nunmehr nahezu zehnmonatlichem Gebrauch in zwei Exemplaren sehr gut bewährt hat und die Vorzüge sehr grofser Empfindlichkeit, leichter und sicherer Handhabung und ziemlicher Billigkeit in sich vereinigt. Fig. 1 zeigt die Anordnung der Teile, Fig. 2 giebt eine Ansicht des fertig montierten Apparates¹⁾.

Auf einem Holzbrette *a* ist eine eiserne Grundplatte befestigt, welche die vertikal übereinander liegenden, wagerecht gerichteten Schenkel $s_1 s_2$ eines mit dünnem Draht in

¹⁾ Angefertigt von P. Gebhardt, Berlin, Neue Schönhauserstr. 6.

vielen Windungen bewickelten Elektromagneten trägt. An einem Ansatz der Grundplatte hängt vermittelt einer feinen Neusilberfeder *b* der ziemlich massige Anker *c* des Magneten dicht vor dessen Polen. Dieser Anker trägt nach unten gerichtet eine starre Zunge *d* mit einem Platinstückchen, dem eine isolierte Schraube *e* mit Platinstift gegenübersteht. Von dem Magneten abgewendet, trägt nun der Anker einen messingnen Gewindestift *f*, auf dem sich eine Messingkugel *g* mit Kordel leicht aber sicher verschieben läßt. Unterhalb dieses

Gewindestiftes steht neben dem Anker noch eine Anschlagschraube *h*. Die Aufhängefeder *b* muß so beschaffen sein, daß sie, wenn die Kugel *g* ganz am Anker steht, das ganze Ankersystem eben noch nach rechts, also vom Magneten ab zu drücken bestrebt ist.

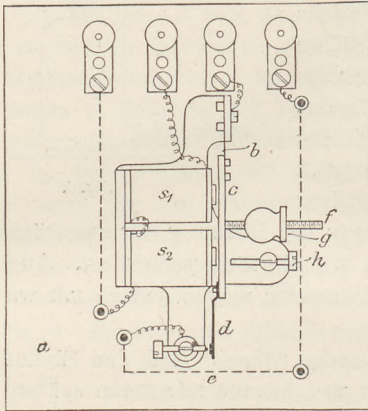
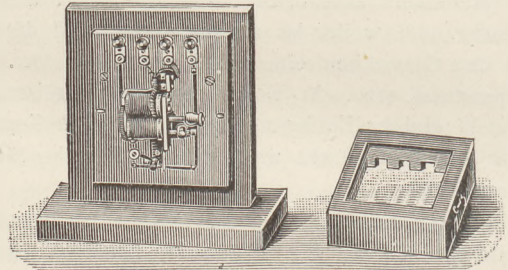
Fig. 1. (1:2 $\frac{1}{2}$).

Fig. 2.

Zum Gebrauche bringt man vermittelt der Schraube *h* zunächst den Anker dem Magneten recht nahe, stellt dann die Schraube *e* so ein, daß sie auf das Platinplättchen an der Zunge *d* auftrifft, ehe der Anker die Pole des Magneten berühren kann und verschiebt dann die Kugel *g* so lange nach rechts, also nach dem freien Ende des Stiftes *f* zu, bis die Feder *b* eben noch die Zunge *d* von dem Platinstift entfernt; es genügt dann ein ganz schwacher Strom, um den Anker kräftig nach links zu ziehen und bei *e* Contact herzustellen. Die Empfindlichkeit des Apparates in diesem Falle ist ganz außerordentlich. Es ist mir gelungen mit zwei kleinen Spiegeln (von Keiser und Schmidt in Berlin) und einem Erreger Hertzscher Form²⁾ von nur 10 cm Gesamtlänge die Hertzschen Versuche bis auf 34 m Entfernung anzustellen, sowie ferner in senkrechter Richtung durch drei in Stein und Eisen ausgeführte Massivdecken hindurch noch vollkommen sichere Wirkungen zu erzielen. Die Einstellung ist so einfach, daß jeder etwas geschickte Schüler den Apparat handhaben kann, nur ist beim Gebrauche darauf zu achten, daß das Relais bezw. sein Träger nicht erschüttert werden, weil das ein Hin- und Herpendeln des Ankersystems und dementsprechendes Läuten zur Folge hat.

Der Apparat arbeitet außerordentlich präcis; bei Anwendung einer Influenzmaschine statt eines Induktoriums unter Einschaltung von zwei gleichgroßen Speisefunkenstrecken in die Zuleitungen genügt ein Funke am Erreger, um das Relais sicher zu bethätigen. Auch ohne Spiegel am Erreger erhielt ich bei Verwendung eines solchen Hertzscher Form von 14 cm Gesamtlänge durch zwei Massivdecken hindurch noch deutliche Wirkungen.

Nur eines macht sich oft recht unangenehm bemerkbar. Bei der hohen Empfindlichkeit des Apparates bewirkt auch jede Reflexion an den Zimmerwänden oder irgend welchen Gegenständen, sowie das Auftreten anderer als der zu den Versuchen benutzten Wellen sofortiges Ansprechen. Deswegen thut man gut, besonders bei den Versuchen über Brechung, einerseits Induktor samt Batterie, Unterbrecher und Verbindungsleitungen, andererseits Klingel, Relais, Elemente und Verbindungsleitungen mit Ausnahme des Fritters mit je einem mit Stanniol beklebten Pappkasten zu überdecken. Doch ist diese Vorsicht keineswegs bei allen Versuchen nötig.

²⁾ Hertz, Unters. üb. d. Ausbreitung d. elektr. Kraft. Leipzig, J. A. Barth, 1892, S. 185.

Physikalische Aufgaben.

Denkaufgaben über den Arbeitsbegriff.

Von **Paul Gerber** in Stargard i. P.

1. Ist es wahr, daß eine Person, die mit dem Arm ein Gewicht schwebend hält, keine Arbeit leistet? (Rausenberger, Analytische Mechanik.)

Der senkrecht nach oben oder wagerecht gehaltene und das Gewicht tragende Arm macht beständig, wie man leicht wahrnehmen kann, auf und nieder gehende Bewegungen. Die damit verbundenen Hebungen des Gewichtes erfordern eine Arbeitsleistung, die also um so größer ist, je länger das Gewicht in der Schwebelage gehalten wird. Übrigens wird jede Teilarbeit durch die der Hebung folgende Senkung wieder rückgängig gemacht, und die durch Gegenzug vernichtete lebendige Kraft des fallenden Gewichtes wird zu Wärme in den Muskeln. Für diese selbst ist daher das Gesamtergebnis an äußerer Arbeit gleich Null; sie haben nur einen Teil ihrer Arbeitsfähigkeit verloren und dafür Wärme gewonnen¹⁾.

2. Wird Arbeit geleistet, wenn eine Person an ruhig herabhängendem Arme ein Gewicht hält, das schwer genug ist, um die Muskeln zu verhindern, sich zusammenzuziehen?

Hier tritt eine auf und nieder gehende Bewegung des Gewichtes nicht ein; wenigstens ist nichts davon wahrzunehmen, wenn man unter der Achsel eine passende Stütze anbringt. Die Muskeln des Armes haben trotzdem nach einiger Zeit nicht mehr in gleichem Maße wie vorher die Fähigkeit, Arbeit zu leisten. Da inzwischen in ihnen chemische Veränderungen geschehen, auf denen die Verminderung ihrer Arbeitsfähigkeit beruht, muß eine Umsetzung ihrer Energie erfolgen, wobei der Teil, der die Arbeitsfähigkeit ausmacht, zu Gunsten eines anderen Teiles, der Wärme, abnimmt. Der Vorgang stimmt im Endresultat mit dem vorigen überein, nur daß die dort stattfindende Unterbrechung und Vermittelung der Energieumsetzung der Muskeln durch die äußeren Arbeiten der Muskeln am Gewicht und des Gewichtes an den Muskeln fehlt.

3. Wenn man ein an einem Gummifaden hängendes Gefäß langsam mit Wasser füllt und dadurch den Faden dehnt, dann sogleich wieder durch eine bis dahin geschlossene Öffnung das Gefäß allmählich entleert, so verkürzt sich der Faden bis zu seiner ursprünglichen Länge. Wenn man darauf das Gefäß zum zweitenmal füllt, unter dem vollen Gefäße eine es gerade berührende feste Stütze anbringt und alles einen oder mehrere Tage unverändert läßt, so verkürzt sich der Faden bei abermaliger Entleerung des Gefäßes nicht bis zur früheren Länge. Die Arbeitsfähigkeit des gedehnten Fadens ist also kleiner geworden, während das gefüllte Gefäß eine Zeit hindurch auf die untergesetzte Stütze drückte, indem der Faden sich durch Nachwirkung noch weiter zu verlängern strebte. Macht sich daher nicht der jene Zeit lang wirksame ruhende Gegendruck der Stütze wie eine Arbeitsleistung geltend?

Da der Faden sich noch über seine zunächst erreichte Verlängerung hinaus zu dehnen versucht, sieht man, daß seine während der Verlängerung stattfindenden inneren Verschiebungen fort dauern, auch nachdem das Gefäß zur Ruhe gebracht ist. Die so sich fortsetzenden Verschiebungen erfolgen auf Kosten der Arbeitsfähigkeit des gedehnten Fadens. Der Fall ist vergleichbar dem der frei herabhängenden, ein großes Gewicht tragenden Armmuskeln. Die Arbeitsgleichwertigkeit des eine Zeit hindurch währenden Gegendruckes der festen Stütze ist bloß Schein, wie auch das ruhige Hängen und Ziehen eines hinreichend schweren Gewichtes am Arme keine Arbeit hervorbringt. Die eingeleitete und dann gehemmte Dehnung ist der Anlaß zu einem hier im Faden wie dort in den Muskeln sich abspielenden Energieumsatze.

¹⁾ Ann. der Redaktion. Wir können zu der Frage, worauf die Arbeitsleistung und die entsprechende Ermüdung des Armes zurückzuführen ist, weitere Aufklärungen in Aussicht stellen, die um so mehr Interesse erregen werden, als darüber bisher noch keine entscheidenden Experimente vorliegen.

4. Eine constante Kraft erzeugt in zwei auf einander folgenden Zeiteilen wegen der Verschiedenheit der entsprechenden Wege verschiedene Beträge an Arbeit. Wie ist der Widerspruch zu erklären? (Rausenberger.)

Der unter dem Einflusse der constanten Kraft stehende Körper hat in zwei verschiedenen Punkten seiner Bahn verschiedene Geschwindigkeiten, befindet sich also in verschiedenen Zuständen. Von gleichen Kräften in gleichen Zeiteilen sind daher nicht ohne weiteres gleiche Ergebnisse, unter anderen gleiche Werte der Arbeit zu erwarten. Dies würde ja heissen, gleiche Folgen aus verschiedenen Bedingungen fordern. Auch ist schon in der Definition der Arbeit als einer Leistung der Kraft auf einem gewissen Wege es ausgedrückt, dafs nicht blofs die Kraft und wie sie wirkt, sondern auch der Weg, den der Körper zurücklegt, daher die Geschwindigkeit, die er besitzt, mit maßgebend für die Gröfse der Arbeit sei. Nur Werte, die nicht abhängen von der Verschiedenheit der Geschwindigkeiten des Körpers an verschiedenen Stellen seiner Bahn, können unter sonst gleichen Umständen gleich ausfallen. So bleibt, da die in gleichen Zeiteilen stattfindenden Zunahmen der Geschwindigkeiten dieselben sind, alles, was hierdurch allein bestimmt wird, von jener Verschiedenheit unabhängig. Deshalb ist der Zuwachs an Arbeit vom einen zum anderen Zeiteil immer derselbe. Hier ergeben sich gleiche Folgen aus gleichen Bedingungen. Wenn die Verschiedenheit der fraglichen Arbeiten als ein Widerspruch erscheint, ist es mithin der Fall, nur sofern man nicht die Ungleichheit der einzelnen Zustände des Körpers, die Ungleichheit seiner Geschwindigkeiten beachtet.

5. Eine Lokomotive erhalte einen Eisenbahnzug, der sonst einen Abhang hinabgleiten würde, im Stehen. Inwiefern leistet die Lokomotive Arbeit? (Vgl. Auerbach, in Winkelmanns Handbuch der Physik.)

Damit der Eisenbahnzug sich nicht bewege, müssen die Schwungräder der Lokomotive sich drehen, ohne sich von ihrer Stelle zu entfernen. Dies findet statt, wenn die gleitende Reibung der Schwungräder durch den entgegengesetzt wirkenden Widerstand des Zuges aufgehoben wird. Da dann immer neue Teile der Radumfänge mit den Schienen in Berührung kommen, ist eine Arbeit zu leisten gleich dem Produkt aus jener Reibung, den Umfängen der Schwungräder und der Anzahl ihrer Umdrehungen. Aber obwohl diese Arbeit aufgewandt werden mufs, damit der Eisenbahnzug im Gleichgewicht sei, wird doch kein Teil von ihr für die Erhaltung des Gleichgewichtes verbraucht, sondern sie geht ganz in Reibungswärme über. Die Heizung und die Bewegung der Maschine, besonders die Drehung der Schwungräder, die Reibung und deren Verwandlung in Wärme, also die Erzeugung und der Umsatz von Arbeit und Energie hat nur die Bedeutung einer mechanischen Ordnung, die nötig ist, um den mit ihr zu einem System verbundenen Eisenbahnzug in Ruhe zu erhalten. Der unverändert bleibende und einem Gewichte gleichwertige Einflufs jener mechanischen Ordnung auf den Eisenbahnzug, d. h. die durch die Gröfse der gleitenden Reibung bemessene Kraft, nicht der Arbeitsaufwand als solcher ist es, wodurch der Zug verhindert wird, den Abhang hinabzurollen.

6. Wie ist es zu verstehen, dafs man die gegen ein festes Centrum gerichtete Anziehung eines Körpers durch einen ihm beigebrachten seitlichen Stofs und darum durch Arbeitsleistung aufheben kann, wenn man den Stofs so wählt, dafs der Körper sich um das Centrum im Kreise bewegt?

Dies bekannte und wohl nicht misszuverstehende Schema kann dazu dienen, die vorige Frage näher zu erläutern. Die Unveränderlichkeit der Umschwungsgeschwindigkeit, also auch der lebendigen Kraft des Körpers zeigt deutlich, dafs kein Teil von ihr zur Erhaltung des Gleichgewichtes verbraucht wird. Während der durch den Umschwung entstehende Gegenzug das Gleichgewicht bedingt, ist die vorgängige Arbeitsleistung nur nötig, um die mechanische Anordnung, ohne die das Gleichgewicht nicht bestehen kann, zu erzeugen, — genau wie im Falle der vorigen Frage die Erzeugung und der Umsatz von Arbeit und Energie zwar zur Herstellung und zum Bestande des mechanischen Systems gehört, aber nicht die nächste und eigentliche Bedingung der Ruhe des Eisenbahnzuges vorstellt.

7. Gibt es eine Trägheitskraft, vis inertiae?

Sie soll darin bestehen, daß eine Masse der Annahme einer Geschwindigkeit einen besonderen Widerstand entgegengesetzt, der erst überwunden sein müsse, damit die Masse im stande sei, sich zu bewegen (vergl. Dressel, Lehrbuch der Physik). Dieser Widerstand könnte offenbar nicht verschwinden, sobald die Bewegung begonnen hat, da ja die Masse nicht verschwindet. Mithin müßte, auch wenn sich der Bewegung weiter kein Hindernis entgegenstellte, bei constanter Geschwindigkeit doch, je länger der Weg würde, desto mehr Arbeit zu leisten sein. Die Voraussetzung einer Trägheitskraft führt also zu einem Widerspruch mit dem Prinzip der lebendigen Kraft. Wenn die in der Natur vorkommenden Körper auch beim Fehlen jedes äußeren Hindernisses in der That nicht schon durch den kleinsten Antrieb bewegt werden können, ist daran nur die gegenseitige Verschiebbarkeit ihrer Teile schuld. (Übrigens wird als Trägheitskraft manchmal auch die zur Wirkung zwischen zwei gekoppelten Systemen gehörige Gegenwirkung angesehen, die aber aus der Koppelung, nicht aus der Masse an sich folgt.)

8. Kann eine Person an einem Seil, das über eine feste Rolle geführt ist, ein Gewicht heben, das größer als ihr eigenes Gewicht ist?

Sie kann es, falls ihre Arbeitskraft ausreicht, nachdem sie sich vorher hat am Fußboden festmachen lassen. Ist dies nicht geschehen, so zieht das zu hebende Gewicht seinerseits die Person empor und läßt ihre ob auch im übrigen vielleicht ausreichende Arbeitsfähigkeit nicht zur Geltung kommen.

9. Dem Herausgeber ist folgende Aufgabe eingesandt worden:

„Welches spezifische Gewicht hat eine Sodalösung, bei der $\frac{1}{2}$ kg Soda in 1 l Wasser gelöst ist (spezifisches Gewicht der Soda 2,5)? Auflösung: $2\frac{1}{2}$ kg Soda nehmen 1 cdm ein, also hat $\frac{1}{2}$ kg Soda das Volumen $\frac{1}{5}$ cdm. Demnach ist das Gesamtvolumen der Lösung $1\frac{1}{5}$ cdm, ihr Gewicht $1\frac{1}{2}$ kg, folglich ihr spezifisches Gewicht $1\frac{1}{2} : 1\frac{1}{5} = 1,25$.“

Nach den Tabellen von LANDOLT und BÖRNSTEIN, 2. Aufl. S. 220 hat nun eine 33,6%ige Sodalösung (die also nahezu die gleiche Concentration besitzt wie die in der Aufgabe vorausgesetzte) bei 15° C. das spezifische Gewicht 1,134. Welche unzulässige Annahme ist in der vorstehenden Auflösung gemacht worden? Welche Annahme ist ferner ungenau, wenn die Temperatur der Lösung = 15° gesetzt wird? Und welcher Zweifel war in Bezug auf die Löslichkeit der Soda berechtigt, wenn man die Temperatur 4° voraussetzte? (Bei 0° lösen 100 Gewichtst. Wasser nur 21,33 Gewichtst. Soda, bei 10° 40,94 Gewichtst.) P.

Kleine Mitteilungen.

Zwei einfache Apparate für die Lehre von der Mechanik.

Von Prof. Friedrich Brandstätter in Pilsen.

1. Ein Bewegungsparallelogramm.

Mit diesem Apparat läßt sich die Zusammensetzung zweier gleichartiger Bewegungen, deren Richtung einen Winkel einschließt, in einfacher Weise vorführen. Ein quadratischer (eventuell rhombischer), in seiner Ebene vertikal stehender Holzrahmen von etwa 6–8 dm Seitenlänge ist, wie Fig. 1 veranschaulicht, so eingerichtet, daß der stielrunde Stab *ab* in horizontaler Lage auf- und abwärts zwischen den Doppelleisten der beiden vertikalen Rahmenseiten zu verschieben ist. An den beiden, über die seitlichen Rahmenleisten herausragenden Enden ist der Stab mit zwei kurzen Holzcyllindern *a* und *b* als Handhaben versehen, von denen der eine fix, der andere nach Art einer Schraubenmutter angebracht ist und durch einfaches Drehen (Anziehen) die Fixierung des Stabes in beliebiger Höhe, ebenso wie durch Zurückdrehen (Nachlassen) seine Lockerung für das Auf- und Abwärtsgleiten gestattet. Am Stabe ist eine Kugel *c* in horizontaler Richtung verschiebbar angebracht und durch zwei gleichlange Schnüre derart mit den beiden Enden *d* und *e* der vertikalen

Rahmenspalten verbunden, daß beim Abwärtsgleiten des Stabes die Schnur dc die Kugel vom linken zum rechten Stabende, beim Aufwärtsgleiten dagegen die Schnur ec die Kugel vom rechten zum linken Stabende herüberzieht. Zu diesem Behufe gehen die Schnüre von der Kugel längs des Stabes — rechts oberhalb, links unterhalb — durch eine bei f und g (Fig. 2), also innerhalb der Spalten angebrachte Öse, dann im rechten Winkel längs der vertikalen Rahmenleisten auf- bzw. abwärts zu den Endpunkten d und e . In Fig. 2 erscheinen die vorderen Teile der vertikalen Rahmenleisten beseitigt, um die Anordnung der

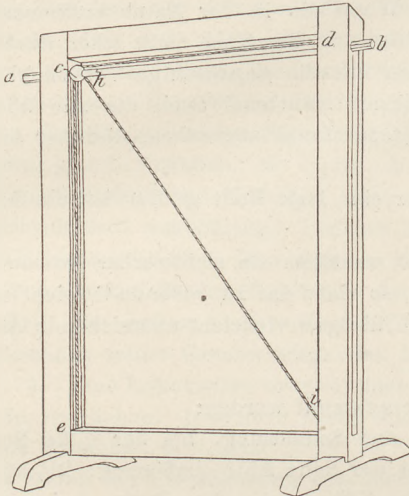


Fig. 1.

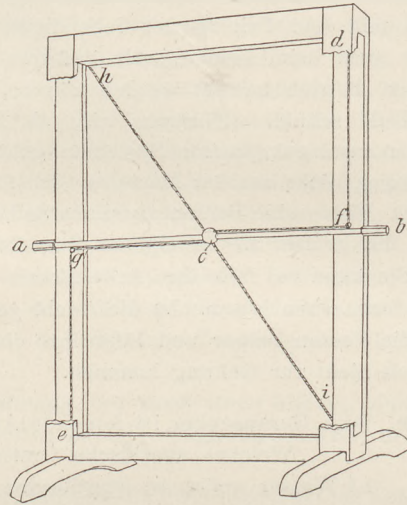


Fig. 2.

Schnüre und ihre Leistung besser zu versinnlichen. Es empfiehlt sich, behufs gleichmäßiger Spannung beider Schnüre sowohl beim Abwärts- als auch beim Aufwärtsgleiten des Stabes auf die Handhabe b einen leichten Druck nach unten, auf jene bei a einen solchen nach oben auszuüben. Die Kugel vollführt also gleichzeitig zwei gleichartige Bewegungen in verschiedenen, hier unter einem rechten Winkel sich schneidenden Richtungen. Sie bewegt sich mit dem Stabe in der Richtung von oben nach unten, längs des Stabes aber in der Richtung vom linken zum rechten Ende. Daß die resultierende Richtung genau der Diagonale des Parallelogrammes entspricht, wird durch eine an der hinteren Seite des Rahmens in diagonaler Richtung hi aufgespannte Schnur bestätigt.

2. Ein verschiebbares Parallelepiped mit Schwerpunkt und Schwerlinie.

Der Apparat veranschaulicht dem Schüler die Thatsache, daß ein Körper so lange im stabilen Gleichgewichte ruht, als seine Schwerlinie die Unterstützungsfläche trifft, und ist ein aus 14 flachen Holzstäben mittels 12 Schrauben nach Fig. 3 zusammengefügtes Parallelepiped. Die 8 horizontalen Stäbe sind um die Hälfte kürzer als die 6 vertikal gestellten, von denen die zwei mittleren ab und cd in halber Höhe durch den runden Querstab ef verbunden sind, der wieder im Halbierungspunkt g — den Schwerpunkt des Körpers markierend — das Lot h trägt. Durch leichten Druck auf die Kante mn kann nun das Parallelepiped mehr oder minder so verschoben werden, wie es Fig. 4 andeutet. Selbstverständlich kann die Verschiebung auch nach der entgegengesetzten Seite hin stattfinden. Während bei der Stellung in Fig. 3 — dem geraden quadratischen Prisma entsprechend — die durch die Schnur gh des Lotes angedeutete Schwerlinie die Basis in ihrem Mittelpunkte trifft, nähert sie sich nun bei Stellung in Fig. 4 — dem schiefen Prisma entsprechend — der unteren Basiskante ps , und das Parallelepiped bleibt so lange auch in jeder dieser schiefen Lagen im stabilen Gleichgewichte, als die Schwerlinie die Kante ps nicht überschreitet und außerhalb der Unterstützungsfläche den Boden schneidet. Ist dies letztere der Fall, so stürzt das Parallelepiped nach dieser Seite hin. Bei genauer Ausführung des Apparates läßt sich zeigen,

dafs im Falle die Schwerlinie die Kante ps schneidet, das Gleichgewicht labil wird und der geringste Stofs bzw. eine leichte Erschütterung zum Umwerfen des Apparates hinreicht.

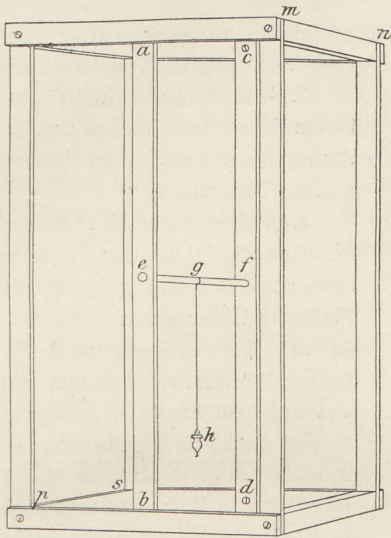


Fig. 3.

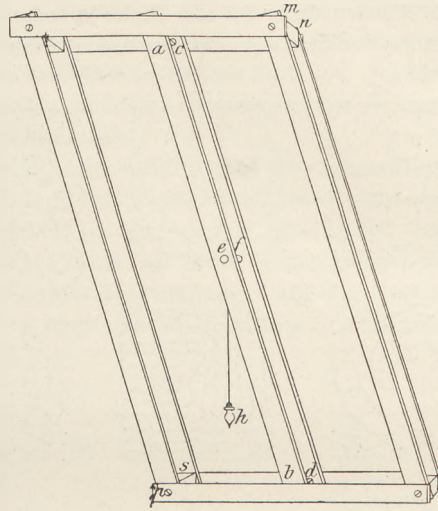


Fig. 4.

Es ist selbstverständlich, dafs beide beschriebenen Apparate in beliebiger Dimension von jedem halbwegs geschickten Tischler nach diesen Angaben verfertigt werden können. Zweckmässig könnte das Parallelepiped auch aus dünnen Metallstäben hergestellt werden.

Neue Klangfiguren.

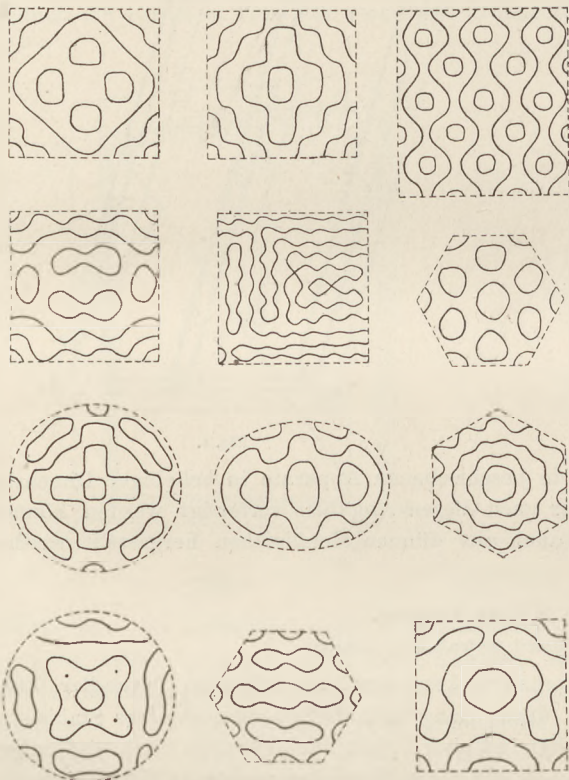
Von Dr. Richard Schulze in Leipzig.

Um Chladnische Klangfiguren zu erhalten, kann man, wie bekannt (Pfaundler, Lehrbuch der Physik, Teil I.), Platten auch durch Longitudinalschwingungen eines Stahlstabes in Transversalschwingungen versetzen. Es sind aber bisher nur Versuche mit kreisförmigen Stahlplatten angestellt worden, und hat man auf diese Weise konzentrische Kreise erhalten. Deshalb habe ich diese Methode auf Platten von verschiedenem Material und verschiedener Form ausgedehnt und eine solche Mannigfaltigkeit der Figuren gefunden, dafs ich meine Resultate den Herren Kollegen nicht vorenthalten möchte. Denn wenn auch die Klangfiguren bis jetzt noch keine praktische Verwendung gefunden haben, so wird ihre Vorführung beim Unterricht doch stets ein interessantes Experiment bleiben. Während Chladni in seiner „Akustik“ 243 Figuren verzeichnet hat, besitze ich jetzt bereits über 500, und die Zahl der zu erhaltenden dürfte überhaupt unbegrenzt sein, wie bald ersichtlich sein wird. Erweist sich somit diese Methode als eine lohnendere als die ursprüngliche Streichmethode, wie ich sie nennen möchte, so verdient sie auch noch aus dem Grunde den Vorzug, als sie die Klagen über das Mislingen vieler Figuren vollständig beseitigt, denn man erhält nach ihr in kürzester Zeit und ohne jegliche nennenswerte Übung die kompliziertesten Figuren in tadelloser Schärfe. Dafs ich nicht sämtliche meiner Figuren hier veröffentlichen kann, ist klar, aber wenige dürften genügen, zur Wiederholung meiner Versuche anzuregen. Da ich dieselben noch nicht für abgeschlossen betrachte, sehe ich diese Mitteilung nur als eine vorläufige an, und ich will deshalb auch nur auf einige Punkte aufmerksam machen.

1. Mit Stäben von verschiedener Länge erhält man verschiedene Figuren, deren Form ausserdem noch von der Form, dem Material und den Dimensionen der Platte abhängig ist.
2. Platten von ca. 1 mm Dicke und 20 cm Durchmesser verändern in der Regel den Ton des Stabes nicht, sondern verstärken ihn nur, doch kommt es zuweilen vor, dafs der Ton eine Sekunde, Terz oder wohl auch eine Oktave herunterspringt, was stets die Entstehung einer einfacheren Figur zur Folge hat.

3. Erreicht die Platte eine Dicke von 2 mm, so erhält man stets einen tieferen Ton als den Grundton des Stabes, und es ist überhaupt schwer, mit verschiedenen langen Stäben verschiedene Töne zu erzeugen.

4. Platten unter 0,5 mm Dicke sprechen zwar sehr leicht an, schwingen aber sehr stark, so daß man den Stab sehr zart anstreichen muß, um deutlich ausgeprägte Figuren zu erhalten.



5. Quadratische Stahlplatten von 35 cm Seitenlänge setzen den Ton des Stabes stets herab, geben aber wunderschöne Figuren.

6. Während nach der Chladnischen Methode die Dicke der Platte nur insofern von Bedeutung ist, als dünnere Platten leichter ansprechen als dicke, ist bei der neueren Methode eine Dickendifferenz von 0,01 mm von ganz wesentlichem Einfluß. Bedenkt man hierbei noch, daß jede exzentrische Durchbohrung der Platte eine besondere Figur bedingt, und man die Länge des Stabes innerhalb gewisser Grenzen ganz bedeutend variieren kann, so ergibt sich ohne weiteres, daß die Zahl der Klangfiguren, nach dieser Methode dargestellt, unbegrenzt ist.

7. Nach der Chladnischen Methode zwingt man durch Anlegen des Fingers die Platte, sich in kleinere Teile zu teilen, während sie sich nach der neueren Methode von selber teilt, und zwar je nach dem Tone, der auf sie einwirkt — ich möchte sie einen optischen Resonator nennen.

8. Meine Versuche berechtigen ganz entschieden zu der Annahme, daß man durch die Klangfiguren einen Schluss auf die Struktur des Plattenmaterials ziehen kann, und daß hierdurch vielleicht eine Aussicht eröffnet wird, sie praktisch zu verwerten. Freilich wird die Lösung der Aufgabe, hier vollständige Klarheit zu schaffen, keine leichte sein, da hin und wieder höchst sonderbare Erscheinungen auftreten, deren Veröffentlichung ich noch zurückhalten will.

4 Stäbe — Prime, Terz, Quinte und Oktave — und zwei Platten kosten 15 Mk., die Stäbe zu einer diatonischen Tonleiter nebst zwei Platten 22,50 Mk.

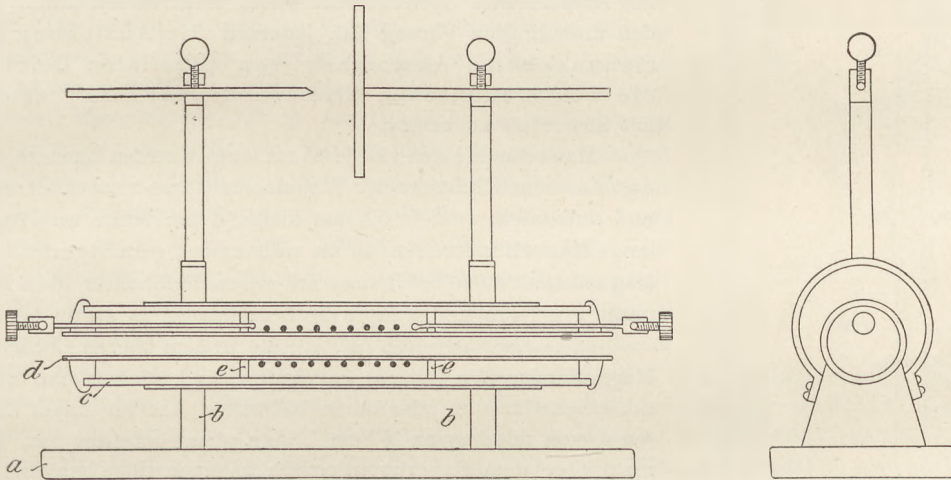
Über einen Teslatriansformator ohne Ölisolation.

Von A. W. Kapp in Königsberg i. P.

Zu den interessantesten Erscheinungen auf dem Gebiete der Elektrizitätslehre gehören diejenigen, die zuerst Tesla mit Strömen sehr hoher Spannung und Wechselzahl hervorgerufen hat. Es erscheint deshalb wünschenswert, einen einfachen Apparat zu besitzen, welcher es gestattet, ohne große Schwierigkeiten diese Erscheinungen auch im Schulunterricht vorzuführen. Die ursprünglich von Tesla benutzte Wechselstrommaschine ist natürlich für Demonstrationen in kleinerem Maßstabe nicht geeignet. Es kommen hier nur Apparate wie der Transformator von Himstedt und der von Elster und Geitel in Frage. Der letztere besitzt den großen Vorzug, daß bei ihm keine Flüssigkeit zur Isolierung verwendet worden ist, sondern Primär- und Sekundärspule nur durch eine größere Luftschicht von

einander getrennt sind. Jedoch zeigt sich bei stärkerer Inanspruchnahme dieses Apparates, daß die Luftschicht zwischen beiden Spulen leicht durchschlagen wird, während wieder eine Vergrößerung dieses Luftraumes den Wirkungsgrad beeinträchtigen würde. Ich habe mich nun bemüht, einen Transformator zu construieren, der nicht in Öl eingebettet ist, wie der von Himstedt und doch dem Öltransformator an Wirkungsgrad und Isolationssicherheit gleichkommt. Da dieser Apparat bereits bei vielen Versuchen eine sichere Isolation gezeigt hat und auch schon von anderer Seite im Schulunterricht praktisch erprobt worden ist, so sehe ich mich zu einer kurzen Beschreibung desselben veranlaßt.

Auf einer Marmorplatte *a* erheben sich zwei Lagerböcke *b*, auf deren kreisförmigen Ausschnitten eine Hartgummiröhre *c* von 50 cm Länge und 7 cm Durchmesser ohne weitere Befestigung ruht. Im Innern des Rohres ist die aus 10 Windungen eines 4 mm starken Kupferdrahtes bestehende Primärspule so angeordnet, daß sie etwa $\frac{1}{3}$ des ganzen Rohres einnimmt. Zur genauen Centrierung sind diese 10 Kupferdrahtwindungen auf eine Glasröhre *d* geschoben, welche durch zwei die Hartgummiröhre begrenzende Holzkapseln hindurchgeht.



Gleichzeitig gestattet die Glasröhre auch, einen Eisenkern in das Innere der Primärspule zu bringen und zu zeigen, daß derselbe bei der hohen Wechselzahl die Wirkung nicht mehr zu verbessern vermag. Der mittlere Teil des Hartgummirohres, welcher von der Primärspule eingenommen wird, ist durch zwei Korkscheiben *e* abgegrenzt und mit der aus einer Mischung von Paraffin und weichem Wachs bestehenden Isoliermasse ausgefüllt. Die von den Korkscheiben aus gerade geführten Zuleitungen sind noch in besondere mit derselben Isoliermasse gefüllte Glasröhrchen eingeschlossen. Die Sekundärspule besteht aus 200 Windungen eines 0,8 mm starken besponnenen Kupferdrahtes, welcher in einer in das Hartgummirohr eingedrehten Nut läuft und nach dem Aufwickeln ebenso wie das ganze Rohr mit einem Schellacküberzug versehen wurde. Von den zu kleinen Ösen gebogenen Enden der Sekundärspule führen Spiralen von dünnem Kupferdraht zu den auf Hartgummisäulen ruhenden Polklemmen. Um jedes besondere Stativ entbehren und alle Hilfsapparate am Transformator selbst befestigen zu können, sind diese Hartgummisäulen auf starke Messingbügel gesetzt, die an den Lagerböcken befestigt sind und einen solchen Abstand von dem Rohr einhalten, daß dasselbe noch bequem von seinem Lager genommen werden kann.

Bei den Versuchen wurden verschiedene Funkeninduktoren bis zu 30 cm Funkenlänge benutzt. Meistens diente als Unterbrecher der elektrolytische, mit dem man bekanntlich viel größere Energiemengen umsetzen kann als mit anderen. Es gelang, eine Batterie von Leydener Flaschen in beiden Schaltungen zu verwenden. Die bei Verwendung des Wehnelt-Unterbrechers ganz ruhigen Leuchterscheinungen am Hochspannungstransformator waren am glänzendsten, wenn nur 2 große Leydener Flaschen benutzt wurden. Der Transformator hat bis jetzt die maximale Leistung des großen 30 cm Funkeninduktors ausgehalten

ohne durchschlagen zu werden. Sollte dies doch einmal vorkommen, so wäre dadurch der Apparat nicht gänzlich unbrauchbar gemacht. Vielmehr wäre nur nötig, einen Dampfstrahl durch das Glasrohr d zu schicken und dadurch die Isoliermasse zum Erweichen und zum erneuten Verschmelzen zu bringen.

Ein billiges Ampèresches Gestell.

Von Prof. Adami in Hof (Bayern).

Der Nachweis, daß sich parallele und gleichgerichtete Ströme anziehen, parallele und entgegengesetzt gerichtete Ströme dagegen abstossen, läßt sich beim physikalischen Unterricht nicht wohl umgehen. Zur Anstellung dieses Nachweises ist das sogenannte Ampèresche Gestell konstruiert worden, über dessen mangelhaftes Funktionieren wohl schon jedem Fachmann Klagen zu Ohren gekommen sind.

Es soll nun gezeigt werden, wie man sich für 10—20 Pfg. ein Ampèresches Gestell leicht selbst konstruieren kann, das den unbedingten Vorzug hat, jederzeit die Anziehung beziehungsweise Abstossung von parallelen Leitern, die von elektrischen Strömen durchflossen werden, mit Sicherheit zu zeigen.

Man schneide sich vier je 65 cm lange Streifen Lametta, wie dasselbe zum Schmucke der Weihnachtsbäume verwendet wird, und außerdem zwei je 0,5 mm dicke, 4 mm breite und 20 cm lange Magnaliumstreifen. In die vollkommen gerade gerichteten Magnaliumstreifen bohrt man mit einem Drillbohrer oben und unten ein Loch und knüpft die Lamettastreifen daran fest.

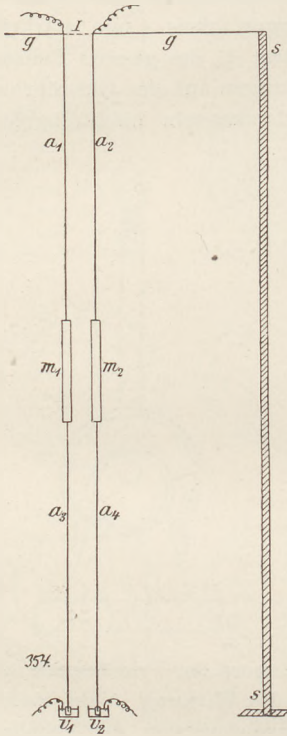
Die Lamettastreifen (a_1, a_2), die in dem oberen Loche der Magnaliumstreifen (m_1, m_2) angeknüpft sind, wickelt man etwas um einen Glasstab oder einen Bleistift g , der an einem Ständer s von mindestens 150 cm Länge oben befestigt ist. Hat man über dem Experimentiertisch in einer Höhe von 150 cm eine Holzstange oder zwei ganz nahe bei einander befindliche Haken, so kann man die Lamettaenden auch hier befestigen. Als Ständer läßt sich eine gewöhnliche Holzlatte (Dachsparren) verwenden. In die unteren Löcher der Magnalium-

streifen sind die anderen beiden Lamettastreifen (a_3, a_4) eingeknüpft und diese an den unteren Enden mit Klemmschrauben versehen, deren jede man in ein Vogelfutternapfchen (v_1, v_2) legt, in welches man etwas Quecksilber geschüttet hat. Die beiden Magnaliumstreifen dürfen nicht weiter als 2 cm von einander entfernt sein, wenn die ganze Einrichtung justiert ist und müssen sich in genau gleicher Höhe befinden. Auch ist darauf zu sehen, dass die unteren Lamettastreifen nicht straff gespannt sind, sondern etwas schlingern können.

Den einen Pol von zwei hintereinander geschalteten Elementen (Trockenelemente sind sehr gut brauchbar) verbindet man nun mit dem oberen Ende des einen Lamettastreifens durch einen Kupferdraht und taucht einen mit dem anderen Pol verbundenen Kupferdraht in das Quecksilbernapfchen, in welchem die mit diesem Lamettastreifen verbundene Klemmschraube liegt. Ebenso macht man es mit dem zweiten Teile der Vorrichtung. Im Moment des Eintauchens des Kupferdrahtes in das zweite Quecksilbergefäß sieht man sofort die Anziehung oder Abstossung der Magnaliumstreifen je nach der Richtung des Stromes.

Die Wirkung kann durch taktmäßiges Ausziehen und Wiedereinstecken des zweiten Drahtes in das Quecksilbergefäß bedeutend verstärkt werden. Selbstverständlich läßt sich diese taktmäßige Verstärkung auch durch einen dazwischen geschalteten Morsetaster hervorbringen¹⁾.

¹⁾ *Ann. d. Redaktion.* Einen ähnlichen Apparat hat Herr C. Mühlenbein im I. Jahrgang der Zeitschr. S. 202 beschrieben.



Berichte.

1. Apparate und Versuche.

Einen Apparat zur Demonstration der Absorptionsspektren beschreibt E. J. FORMANEK in der *Deutschen Mech.-Ztg.* 1900, S. 41. An einem standfesten, mit verschiebbarer Stange versehenen Stativ ist eine wagerechte Achse (Fig. 1) angebracht, um die eine Messingscheibe von 14 cm Durchmesser drehbar ist. An dieser Scheibe sind radial 24 kurze Stifte befestigt, die mit Korkstöpfeln verschlossene Reagensgläser von 5 bis 7 cm Länge und 10 mm Durchmesser tragen. Die Stifte durchdringen die Korkstopfen nicht ganz. Die Reagensgläser sind mit folgenden Farbstofflösungen gefüllt, die so verdünnt sind, daß die einzelnen Absorptionstreifen zwar möglichst eng stehen, aber doch deutlich sichtbar sind: Methylenblau in Wasser, Patentblau (Meister, Lucius & Brüning, Höchst) in Wasser, Säuregrün BB extra (Bayer & Co., Elberfeld) in Wasser oder Walkgrün (Dahl & Co., Barmen) in Wasser, Brillantgrün in Wasser, Malachitgrün in Wasser, Anilinblau 2 B (Aktienges. f. Anilinfabrikation, Berlin) in Amylalkohol, Methylviolett 6 B in Amylalkohol, Methylviolett 1 B in Amylalkohol, Neublau R kryst. (Bayer & Co., Elberfeld) in Wasser, Rose Magdala (Durand, Huguenin & Co., Basel) in Äthylalkohol, Neufuchsin O (Meister, Lucius & Brüning, Höchst) in Amylalkohol, Rhodamin extra (Meister, Lucius & Brüning, Höchst) in Wasser, Anthracenblau WR Teig (Badische Anilin- und Sodafabrik) in Äthylalkohol, Methyleosin (Aktienges. f. Anilinfabrikation, Berlin) in Amylalkohol, Erythrosin B (Farbwerk Mühlheim) in Amylalkohol, Phloxin (Aktienges. f. Anilinfabrikation, Berlin) in Äthylalkohol, Eosin extra (Meister, Lucius & Brüning, Höchst) in Äthylalkohol, Violamin G (Meister, Lucius & Brüning, Höchst) in Wasser, Bordeaux R (Aktienges. f. Anilinfabrikation, Berlin) in Wasser, Azoeosin (Bayer & Co., Elberfeld) in Wasser oder Äthylalkohol, Xylidinorange (Weiler-ter-Meer, Uerdingen) in Amylalkohol, Uranin (Aktienges. f. Anilinfabrikation, Berlin) in Wasser, Benzoflavin (Anilinfabrik Oehler, Offenbach) in Äthylalkohol und alkoholischer Safrananzug. Der so beschickte Apparat wird vor den Spalt des beleuchteten Spektralapparates gestellt und die Stange des Stativs so verschoben, daß bei der Drehung der Scheibe die Reagensgläser dicht vor dem Spalte vorbeigehen und der Beobachter in kurzen Zwischenräumen die Absorptionstreifen der vor dem Spalte gerade befindlichen Lösung studieren kann. Die Scheibe kann auch für mechanischen Trieb so eingerichtet werden, daß immer ein Reagensglas nach dem anderen durch einen ausgeübten Druck vor den Spalt springt. Da einige der Lösungen (Malachitgrün, Brillantgrün) sich durch die Wirkung des Tageslichts allmählich entfärben, so empfiehlt es sich, den Apparat mit den Lösungen im Dunkeln aufzubewahren.

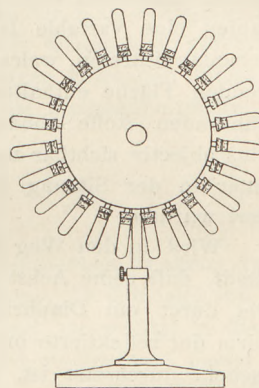


Fig. 1.

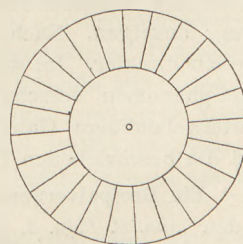


Fig. 2.

Anstatt der Farbstofflösungen kann man sich auch einer Glasscheibe mit aufgetragenen Farbstoffen bedienen. Eine etwa 3 mm dicke Spiegelglasscheibe, die in der Mitte durchbohrt ist, damit sie auf der wagerechten Achse drehbar angebracht werden kann, wird in 20 bis 24 radiale Felder durch Einschnitte so zerlegt, wie es Fig. 2 zeigt. Die Lösung eines jeden Farbstoffes in einer kleinen Menge Äthylalkohol setzt man zu einer alkoholischen Schellacklösung und streicht die Mischung mittels eines Haarpinsels in ein Feld der Glasscheibe, die man vorher mit Äthylalkohol abgewaschen hat. Nach dem Eintrocknen der Schicht stellt man spektroskopisch fest, ob der Anstrich ein hinreichend deutliches Absorptionsspektrum zeigt, wenn nicht, wird das Anstreichen wiederholt. Um tadellose Spektren zu erzielen, muß man die gefärbte Schellacklösung gleichmäßig auftragen und

sorgfältig die Bildung von Luftblasen vermeiden. Diese Anstriche geben dieselben Absorptionsstreifen wie die Lösungen der Farbstoffe, obwohl sonst die festen Farbstoffe sich anders wie die Lösungen verhalten. Schon Stenger (*Wied. Ann.* 33, 583; 1888) hat darauf aufmerksam gemacht, daß sich die Absorptionsspektren der Lösungen nicht ändern, wenn man sie mit Gelatine, Stärke, Gummi arabicum versetzt und dann erstarren läßt. Verfertigt man zwei solche Scheiben mit verschiedenen Farbstoffen, so kann man durch passende Stellung der Scheiben hintereinander verschiedene Combinationen der Farbstoffe bequem demonstrieren. Es empfiehlt sich, auch diese Scheiben im Dunkeln aufzubewahren. *H.-M.*

Objektive Darstellung der Eigenschaften des polarisierten Lichtes. Von N. UMOW (*Ann. d. Phys.* 2, 72; 1900). Taucht man in ein linear polarisiertes Bündel paralleler Lichtstrahlen einen mit mehreren reflektierenden Flächen versehenen Körper, so werden die reflektierten Strahlen eine variable Intensität haben. Das Minimum derselben wird für solche Meridionalebenen eintreten, welche die Richtung der Lichtschwingung und die Normale der reflektierenden Fläche enthalten und wird von der Größe des Polarisationswinkels der zwei sich berührenden Stoffe abhängen. Man kann auf diese Weise die Eigenschaften polarisierten Lichts objectiv sichtbar machen. Der Verf. beschreibt einige Versuche, die zuerst im vorigen Winter in der Sitzung der Kaiserlichen Gesellschaft der Naturforscher zu Moskau demonstriert wurden.

Wird in den Weg der linear polarisierten Strahlen ein polierter Kegel aus Glas so gestellt, daß seine Achse in der Richtung der Strahlen liegt, und blendet man das diffuse Licht durch ein Diaphragma ab, so zeigt sich auf einem hinter dem Kegel befindlichen Schirm der reflektierte breite Lichtfleck, der von zwei diametral gegenüberliegenden dunkeln Büscheln durchsetzt ist, deren mittlere Verbindungslinie die Polarisationsrichtung anzeigt. Projiziert man von der polarisierten Strahlenquelle aus auf den Kegel eine senkrecht zur Axe geschnittene Quarzplatte, so reflektiert der Kegel ein glänzendes farbiges Bild; die Reihenfolge der Farben ist umgekehrt bei einer rechtsdrehenden wie bei einer linksdrehenden Quarzplatte. Ein Babinetscher Compensator an der Stelle der Quarzplatte giebt farbige Kurven, die durch die Reflexion derjenigen Strahlen gebildet sind, welche beim Austritt aus dem Compensator denselben Schwingungszustand besitzen.

Sehr eigenartige Erscheinungen zeigen trübe Medien im polarisierten Lichte. Das Strahlenbündel wurde durch einen Spiegel nach unten geworfen und passierte dann der Länge nach einen mit einer trüben Flüssigkeit gefüllten Glascylinder. Hierzu eignet sich besonders Wasser, dem eine kleine Menge einer Lösung von Kolophonium in Alkohol beigemischt ist, bis es schwach opalisierend wird. Man sieht dann im Gefäße eine vertikale Lichtsäule, deren Mantel auf zwei gegenüberliegenden Streifen dunkel ist. Bei Vorschalten der Quarzplatte zeigen sich die Farben ebenso wie bei dem Versuche mit dem Kegel. Füllt man das Gefäß mit einer Rohrzuckerlösung von der Dichte 1,3, der eine kleine Menge Kolophoniumlösung beigemischt ist, so erblickt man im monochromatischen Lichte auf dem Mantel des Lichtbündels zwei dunkle Spiralen, welche die Cirkularpolarisation der Zuckerlösung anzeigen. Nach dem Boden des Gefäßes zu wird die Lichtsäule wegen der Absorption dunkler. Im weißen Licht zeigen sich auf einander folgende farbige Spiralen. Das Spiralphänomen verschwindet, wenn man in den Gang der Strahlen eine Platte von einer Viertelwellenlänge Gangunterschied einschaltet. — In einer der Arbeit beigegebenen Tafel sind die beschriebenen Erscheinungen abgebildet. *Schk.*

Ein Dreipulvergemisch zur Darstellung elektrischer Staubfiguren beschreibt R. BÜRKER in den *Ann. d. Phys.* 1, 474. Das Gemisch besteht aus Karmin, Lykopodium und Schwefel, und zwar nimmt man am besten 1 Volumteil Karmin (pulverisiert), 3 Volumteile Lykopodium, 5 Volumteile Schwefelblumen. Der Verf. empfiehlt zuerst Karmin und Schwefel gut zu zerreiben und dann Lykopodium hinzuzufügen. Dem Lykopodium fällt hierbei wohl eine die Ladung bestimmende Rolle zu. Das geht auch daraus hervor, daß, während bei dem sonst üblichen Gemisch von Mennige und Schwefel die positiven Lichtenbergschen Figuren gelb, die negativen roth werden, sich dieses Verhältnis umkehrt, wenn man zu dem Gemisch

Lykopodium hinzufügt. Der Verf. beschreibt einige mit seinem Dreipulvergemisch hergestellte Figuren und hebt hervor, daß es ihm mit dem Gemisch von Mennige und Schwefel nicht gelungen ist, die Figuren auch nur annähernd in dieser Schönheit sichtbar zu machen. Die Farbendifferenzen der positiven und negativen Figuren sind viel ausgeprägter und die Zeichnung tritt schärfer hervor; auch ist das Dreipulvergemisch entschieden empfindlicher als das andere. *Schk.*

Farbenwechsel bei Herstellung von Silbersulfid. Einen einfach auszuführenden Versuch, der eine Reihe schnell sich vollziehender Farbenübergänge zeigt, giebt die Zeitschrift *Prometheus* (XI, 1900, S. 512) an. Durch das Zusammengießen der Lösungen von Silbernitrat und Natriumthiosulfat entsteht ein weisser Niederschlag von Silberthiosulfat. Man gießt solange Höllensteinlösung nach, als der letztere an Dichte zunimmt. Das Silberthiosulfat zerfällt bald in Silbersulfid und Schwefeltrioxyd nach der Gleichung $\text{Ag}_2\text{S}_2\text{O}_3 = \text{Ag}_2\text{S} + \text{SO}_3$. Ersteres ist in fein verteiltem Zustande gelb, erscheint in größerer Menge aber gelbbraun bis schwarz. Daher färbt sich der Niederschlag innerhalb weniger Sekunden bläsgelb, dann orange, endlich braun bis tiefschwarz und läßt dabei alle Farbenübergänge gut erkennen. *J.*

2. Forschungen und Ergebnisse.

Wirkungen ultravioletter Strahlen. Tritt das Licht eines elektrischen Funkens durch ein Quarzfenster in einen von der Lichtquelle abgeschlossenen Raum, in dem sich ein aus der Spitze eines Glasrohres herauskommender Dampfstrahl befindet, so erfolgt in diesem eine Nebelkernbildung: Die verwaschene Gestalt des Strahls wird wolkig und besser begrenzt und sein mattes Grau geht in schimmernde Farben oder gar helles Weiß über. Wie LENARD zeigt, ist dieses die Wirkung ultravioletter Strahlen von hoher Brechbarkeit. (*Ann. d. Phys.* 1, 486; 1900.) Er benutzte zuerst die Funkenstrecke eines Induktoriums zwischen Zinkelektroden, als Fenster diente eine 3 mm dicke Quarzplatte, die luftdicht in einer großen Zinkplatte befestigt war. Eine dünne Glas- oder Glimmerplatte, vor das Fenster gelegt, unterdrückte die Dampfstrahlbildung völlig; die Wirkung konnte also nicht von den sichtbaren Lichtstrahlen herrühren. Ebenso verschwand die Wirkung, wenn der Funken über 2 cm vom Fenster entfernt wurde; bei allmählicher Entfernung des Dampfstrahls über 2 cm hinaus verspätete sich die Wirkung zunächst und hörte bald ganz auf. Wurde an die Stelle des Dampfstrahls eine negativ geladene Zinkplatte gebracht, so war die entladende Wirkung der Strahlen noch in mehreren Decimetern Entfernung zu beobachten. Der Verf. prüfte verschiedene Stoffe auf ihre Durchlässigkeit für jene Wirkung. Quarzplatten von 10 mm, Steinsalzsichten von 25 mm, Gypsplatten von 22 mm Dicke zeigten kaum eine Schwächung, während doch 20 mm Luft die Wirkung ganz auslöschten. Undurchlässig waren Blattaluminium, Seidenpapier, Gelatine (0,06 mm Dicke), Glimmer u. a. Von Flüssigkeiten, die bei horizontaler Anordnung des Fensters auf dasselbe gegossen wurden, verhielten sich Glycerin, Kochsalzlösung, Wasser von 1,3 mm Schichtendicke undurchlässig. Trübung sonst durchlässiger Körper machte sie undurchlässig. Die Wirkung geht durch das Vakuum, ebenso durch Wasserstoffgas. LENARD schließt aus diesen Versuchen, daß die wirksamen Strahlen ultraviolettes Licht eines höchst brechbaren Spektralgebietes sein müssen, das nach SCHUMANN'S Forschungen auch gerade von den oben genannten Körpern durchgelassen, von allen andern, auch der Luft, dagegen stark absorbiert wird.

Direkte Versuche über die Brechbarkeit der Strahlen bestätigten diese Vermutung. Dazu wurde die oben beschriebene Anordnung erheblich verbessert. Durch eine zweckmäßige Primärwicklung im Induktorium, durch Benutzung von Aluminiumelektroden, durch ein Quarzfenster von nur $\frac{1}{2}$ mm Dicke, endlich durch Abschließung des Dampfstrahls von der übrigen Luft liefs sich die Erscheinung noch in 50 cm Entfernung beobachten. Die Durchlässigkeit der Körper blieb auch hier relativ dieselbe. Durch Einschieben un-

durchlässiger Körper in den Gang der Strahlen liefs sich ihre geradlinige Ausbreitung feststellen. Doch können die Dampfkerne auch aus dem Strahlenbündel herauswandern und mit der Luft fortströmen. Durch je eine Quarz-, Steinsalz- und Flussspatlinse von kurzer Brennweite liefs sich die Wirkung konzentrieren und aus den gemessenen Objekt- und Bildabständen der Brechungsexponent berechnen. „Die so gefundenen Brechungsexponenten zeigen, dafs das Spektralbereich der Wirkung nahe dort beginnt, wo die vorhandenen Dispersionsmessungen im Ultraviolett endigen.“ Die Wellenlängen, die daraus mit der Helmholtzschen, aus der elektromagnetischen Lichttheorie gefolgerten Formel berechnet wurden, hatten Werte von 0,00014 bis 0,00019 mm für die wirksamen Strahlen.

Wurden verschiedene Gase zuerst durchstrahlt und dann auf den Dampfstrahl geleitet, so zeigten sich Sauerstoff, Luft und Kohlensäure gleich wirksam, Leuchtgas weniger, Wasserstoff ganz unwirksam. Letzteres wurde aber auch wirksam, wenn der Funken näher als 1 cm von dem Fenster sich befand. Es dürften daher von dem Funken auch Strahlen ausgehen, die der Wasserstoff absorbiert, die aber bei gröfserer Entfernung des Funkens schon von der zwischen Funken und Fenster befindlichen Luft absorbiert sind. — Bestrahlte Luft, die erst nach Aufhören der Belichtung auf den Dampfstrahl getrieben wurde, zeigte die Wirkung noch nach 30 Sekunden.

LENARD fand ferner, dafs die von den beschriebenen ultravioletten Strahlen getroffene Luft elektrisch leitend wird. Eine elektrisierte Aluminiumplatte wurde entladen und zwar ganz gleich, ob die Platte positiv oder negativ geladen war. Durchstrahltes Gas wurde zwischen zwei Condensatorplatten geblasen und entlud diese um so rascher, je gröfser die Strömungsgeschwindigkeit war. In Bezug auf Absorbierbarkeit und auf den Einfluss verschiedener Elektroden als Funkenquellen entsprach die elektrische Wirkung völlig der Dampfstrahlwirkung. Ebenso bewirkten die Strahlen intensive Ozonbildung, die durch Blaufärbung von Jodkalium nachgewiesen wurde.

Aufser dem Induktionsfunken erwies sich auch das elektrische Bogenlicht als Quelle jener ultravioletten Strahlen, die hier bis auf 35 cm hin wirksam waren. Die Wirkung ging dabei hauptsächlich von der leuchtenden Luft aus. Man könnte hiernach vermuten, dafs von der Gashülle der Sonne, den Protuberanzen, auch solche Strahlen ausgehen, deren Wirkungen wegen der Luftabsorption nur in den obersten Schichten der Atmosphäre zu finden sein dürften. LENARD beobachtete in der That, dafs sowohl positive als negative Ladungen eines Elektroskops, das in grossen Höhen dem Sonnenlichte ausgesetzt wurde, um so rascher entwichen, je höher man sich befand. So dauerte die gleiche Entladung in 1900 m Höhe 10 Sek., in 3500 m Höhe 2 Sek.; Beschatten mit der Hand steigerte die letztere Dauer auf 5 Sek. Beim Untergang der Sonne hörte die entladende Wirkung plötzlich auf.

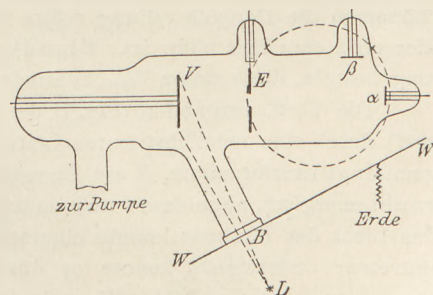
Ausführlichere Beobachtungen von ELSTER und GETTEL über die Elektrizitätszerstreuung der atmosphärischen Luft (*Ann. d. Phys.* 2, 425; 1900) dürften sich nach den Untersuchungen Lenards ebenfalls durch die Wirkung ultravioletter Sonnenstrahlen erklären lassen. Die Verf. construierten für ihre Versuche ein sehr gut isoliertes Elektroskop, auf das ein besonderer Zerstreuungskörper aufgesetzt werden konnte. Ohne diesen zeigte ein dem Elektroskop erteiltes Potential von 230 Volt in einer Stunde nur eine ganz geringe Abnahme; mit dem der freien Luft ausgesetzten Zerstreuungskörper dagegen war eine Abnahme bis zu 65 Volt in 15 Minuten zu beobachten. Bewegung der Luft hatte keinen wesentlichen Einfluss auf die Zerstreuung der Elektrizität. Dagegen war der Einfluss der Lufttrübung unverkennbar. Je reiner die Luft, um so gröfser war die Zerstreuung; je mehr die Luft mit Staub, Rauch oder Nebel beladen war, um so kleiner war dieselbe. Versuche, die die Verf. im geschlossenen Raume, der mit Nebeln von Salmiak oder Wasser erfüllt war, anstellten, bestätigten die Beobachtungen in freier Luft. Sobald der Nebel eintrat, verlangsamte sich die Entladung, wurde die Luft wieder klar, so trat starke Zerstreuung ein. ELSTER und GETTEL nehmen an, dafs in der Luft freie Ionen mit positiver und negativer Ladung vorhanden sind, welche die Zerstreuung bewirken. Wurde das Elektroskop in eine isolierte Umhüllung aus Drahtgeflecht gestellt, so zeigte sich, dafs bei gleichnamiger

Ladung des Zerstreungskörpers und des Drahtgeflechts die Zerstreung größer war, als bei entgegengesetzter Ladung. Indem das Drahtgeflecht die entgegengesetzt geladenen Ionen heranzieht, diffundieren diese zum Teil in das Innere desselben und entladen hier das Elektroskop, wenn es ebenfalls die entgegengesetzte Ladung hat. Dieser Versuch entspricht durchaus einem von Sagnac angegebenen in dieser Zeitschrift XIII, 224 beschriebenen Versuch über die Elektrizitätsentladung durch Röntgenstrahlen. Dafs diese auf die Luft ionisierend wirken, wird jetzt allgemein angenommen; die Beobachtungen von ELSTER und GEITEL zeigen, dafs die Luft auch unter gewöhnlichen Umständen, wohl unter der Einwirkung ultravioletter Strahlen, Ionen enthält. Während in tiefer gelegenen Gegenden die Zerstreung beider Elektrizitäten durch die Luft nahezu gleich stark vor sich ging, war auf Bergspitzen die Entladung negativ elektrisierter Körper rascher als die positiver. Die Verff. erklären dieses durch das auf Bergspitzen besonders starke elektrische Feld des Erdkörpers, das auf die positiven Ionen eine ähnliche Wirkung ausübt, wie das Drahtgeflecht bei dem voriger Versuche. Hiernach dürften die Sonnenstrahlen in den obersten Schichten der Atmosphäre die Ionen erzeugen, die sich dann durch Diffusion und Strömungen überall hin verbreiten. Nach Birkeland ist die Sonne Ausgangsort von Kathodenstrahlen, die beim Eindringen in die Erdatmosphäre Lichterscheinungen, die Polarlichter, hervorrufen und dabei die Luft leitend machen.

Durch weitere Untersuchungen gelang es LENARD direkt nachzuweisen, dafs eine negativ geladene Platte unter dem Einflufs ultravioletten Lichtes im hohen Vacuum Strahlen aussendet, die alle Eigenschaften der Kathodenstrahlen besitzen. (*Ann. d. Phys.* 2, 359; 1900.) Das Licht L eines Induktionsfunken trat durch eine Stannioblende B und ein Quarzfenster in die Vacuumröhre und bestrahlte die Aluminiumelektrode V ; E ist eine stets mit der Erde verbundene ringförmige Elektrode, α und β sind zwei Nebenelektroden. Die Röhre wurde durch fortgesetztes Erhitzen und die Entladungen eines grofsen Induktoriums so „hart“ gemacht, dafs dauernd keine Entladungen mehr hindurchgingen. Verband man nun V mit einem Elektroskop, so fielen dessen Blätter bei negativer Ladung augenblicklich zusammen, wenn V belichtet wurde. Positive Ladungen blieben bestehen oder nahmen sehr langsam ab. Die zu Anfang unelektrische Platte nahm unter dem Einflufs des Lichts eine positive Ladung bis zu 2,1 Volt an.

Eine Messung der in der Zeiteinheit entweichenden Elektrizitätsmengen zeigte, dafs diese in weiten Grenzen unabhängig sind von der ursprünglichen Spannung; erst wenn V unterhalb 100 Volt geladen ist, nehmen die entladenen Mengen mit sinkender Spannung ab. Die Constanz der Ausstrahlung ergibt sich aber nur im reinen Vacuum, schon bei 0,002 mm Druck in der Röhre wächst die entwichene Elektrizitätsmenge mit zunehmender Spannung.

Die von der Kathode ausgehenden, mit Trägheit begabten Elektrizitätsmengen werden von LENARD „Quanten“ genannt. Der Weg, welchen die von der Elektrode V ausgehenden „Quanten“ nehmen, liegt in der Richtung von V nach α . Ist V etwa auf 30 000 Volt geladen, so beobachtet man bei einem mit α verbundenen Elektroskop eine negative Ladung, die mit der Belichtung einsetzt und langsam anwächst. Die seitliche geladene Elektrode erhält keine Ladung: die „Quanten“ bilden also einen Strahl, der durch die Öffnung von E kommend nach α hingeht. Bringt man jetzt ober- und unterhalb des Rohres eine (in der Figur durch den punktierten Kreis angedeutete) Spule an, durch die ein solcher Strom fließt, dafs er einen Kathodenstrahl $E\alpha$ nach β hinkenken würde, so zeigt sich das bei β befindliche Elektroskop negativ geladen. Das Verhalten ist also genau dasselbe, als wenn von V Kathodenstrahlen ausgingen. Durch gewöhnliche Anwendung elektrischer Kraft ist es nicht möglich, in der aufs äufserste evacuierten Röhre Kathodenstrahlen zu erzeugen. Erst das ultra-



violette Licht wird hierzu das Mittel, und zwar nicht nur bei großer, sondern auch bei beliebig geringer äußerer Spannung.

LENARD stellte noch eine Reihe quantitativer Messungen an und berechnete aus dem Potential der bestrahlten Elektrode, dem ablenkenden Strom, dem Magnetfelde und dem Krümmungsradius des abgelenkten Strahls das Verhältnis der Ladung zur Masse ϵ/μ und die Geschwindigkeit v . Es ergab sich im Mittel $\epsilon/\mu = 11,5 \cdot 10^6$ ($\text{cm}^{1/2} \text{g}^{-1/2}$); v war von $0,12 \cdot 10^{10}$ bis $0,54 \cdot 10^{10}$ ($\text{cm} \cdot \text{sec}^{-1}$). Den Wert von ϵ/μ für gewöhnliche Kathodenstrahlen hatte Verf. zu $6,4 \cdot 10^6$ gefunden. Die Geschwindigkeit v ist bedeutend geringer als bei den sonst untersuchten Kathodenstrahlen: bei 607 Volt Spannung nur $1/30$ der Lichtgeschwindigkeit. Diese Strahlen konnten auf der Glaswand keine Phosphoreszenz erregen. Die Strahlung geht nicht nur normal zur Kathodenfläche, sondern diffus nach allen Richtungen vor sich und besitzt eine Anfangsgeschwindigkeit, die Verf. zu höchstens $1/10 v$ berechnet. Bei größerem Gasdruck werden die mit so geringer Geschwindigkeit ausgesandten Strahlen bald von dem Gase absorbiert. Die von Righi bei geringen Gasdrucken gefundene diffuse Ausbreitung der Ladung von der belichteten Stelle aus dürfte mit dieser diffusen Kathodenstrahlung identisch sein.

Auch E. MERRITT und O. M. STEWART gelang es, bei der photoelektrischen Entladung das Vorhandensein der Eigenschaften der gewöhnlichen Kathodenstrahlen nachzuweisen. (*Physikal. Ztschr.* I, 338; 1900.) Die in einem Vacuumrohr befindliche Zinkkathode wurde durch eine Trockensäule zu einem negativen Potential von 100 bis 1500 Volt geladen und durch ein Quarzfenster mit kurzwelligem Lichte bestrahlt. Eine der Kathode gegenüberliegende Elektrode M erhielt dann eine negative Ladung, die von der Bestrahlung abhing. Durch ein magnetisches Feld liefs sich die Ladung von M nach einer seitlich gelegenen anderen Elektrode ablenken; die Richtung der Ablenkung stimmte mit der gewöhnlichen Kathodenstrahlen überein, auch war sie von derselben Größenordnung. Es liefs sich auch nachweisen, dafs die photoelektrischen Strahlen die Luft leitend machen. Dafs negative Ionen vorhanden sind, geht schon aus dem vorigen hervor; machte man diese durch Hindurchleiten der Strahlen durch einen positiv geladenen Messingzylinder unwirksam, so zeigte ein als Elektrode dienender isolierter Draht positive Ladung, die von positiven Ionen herühren mußte. Wurde der Zylinder negativ geladen, so drehte sich der zwischen ihm und dem Draht entstehende Strom um. Wie auch sonst bei elektrolytischer Leitung der Gase beobachtet worden ist, wuchs die Stromstärke nicht so rasch wie die E.M.K., zeigte sogar infolge elektrostatischer Einwirkung unter Umständen ein umgekehrtes Verhältnis. *Schk.*

Messung der Dauer elektro-optischer Vorgänge. ABRAHAM und LEMOINE gelang es, die annähernde Gröfse aufserordentlich kleiner Zeitintervalle dadurch zu bestimmen, dafs sie die vom Licht in derselben Zeit durchlaufenen Wege mafsen. (*C. R.CXXXIX*, 206; 1899.) Kerr hat zuerst nachgewiesen, dafs ein Dielektrikum zwischen geladenen Condensatorplatten doppelbrechend wird. Die Verf. stellten sich die Frage, ob bei dem Kerrschen Phänomen die Doppelbrechung sofort mit dem elektrischen Felde auftritt und verschwindet oder ob hierzu Zeit nötig ist. Blondlot hatte bereits gefunden, dafs, wenn eine Verzögerung besteht, diese unter $1/40000$ Sekunde liegt.

Die Verf. verbanden (Fig. 1) den Condensator K (2 Messingplatten in Schwefelkohlenstoff) durch eine möglichst kurze Leitung mit dem Entlader E ; P sind die Pole eines Hochspannungstransformators, R ein Rheostat aus Kupfersulfatlösung. Der Funken des Entladers wurde energisch angeblasen und dadurch in eine Reihe disruptiver Entladungen verwandelt. Das Licht des Funkens konnte einerseits durch die Linse L_1 direkt in den Condensatorraum eintreten; andererseits konnte es durch die Spiegel M_2, M_3, M_4, M_1 (L_2 und L_3 sind auch Linsen) auf einem weiteren Wege in jenen Raum zurückgeführt werden. N_1 und N_2 sind Nicolsche Prismen, B eine doppelt brechende Platte. Mit dem Fernrohr V beobachtet man die beiden Bilder der Platte und bringt sie durch Drehung von N_2 auf gleiche Helligkeit. Die Anordnung erlaubt, die Stärke des Kerrschen Phänomens zu verschiedenen Zeiten zu messen. Die erste Messung wird gemacht nach Wegnahme des Spiegels M_1 und giebt den

Wert des Phänomens nach der Zeit, die das Licht braucht, um den Weg EK (20 cm) zurückzulegen. Bei den folgenden Messungen wird M_1 an seine Stelle gebracht; durch allmähliches Entfernen der Spiegel M_2, M_3 kann man willkürlich die Zeit vergrößern, die zwischen der Entstehung des Funkens und dem Augenblick vergeht, wo das Licht desselben den Condensator durchdringt. Auf diese Weise gelangt man dazu, die Kurve des Phänomens als Funktion der Zeit zu construieren; ein Weg von 1 m entspricht dabei $\frac{1}{300} \mu s$ ($\mu s = 1$ Millionstel Sekunde).

Es ergab sich, dafs, wenn der Funke nur den Weg EK , d. h. 20 cm zurücklegte, der Nicol N_2 um $17,3^\circ$ gedreht werden mußte; war der Weg 100 cm, so waren es $8,7^\circ$; bei 400 cm oder mehr war das Kerrsche Phänomen nicht mehr meßbar. Es geht daraus hervor, dafs, um das Phänomen auf die Hälfte zu reduzieren, es genügt, dafs das Licht mit einer Verzögerung von 80 cm, d. h. etwa um $\frac{1}{400} \mu s$ ankommt. Diese Zeit wäre 10 000 mal kleiner als die von Blondlot gefundene Grenze.

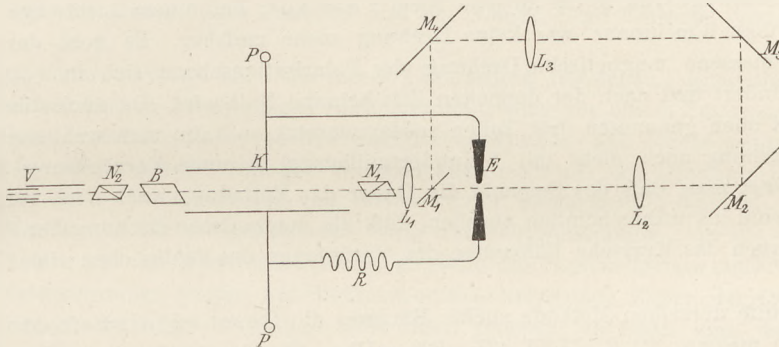


Fig. 1

Aus der Dauer des Kerrschen Phänomens suchten die Verff. weiterhin einen Schluß zu ziehen auf die Dauer des elektrischen Funkens. (*C. R. CXXX, 245; 1900.*) Als Bedingung für die Gleichheit der Bilder stellten sie eine Beziehung auf zwischen dem Drehungswinkel 2α des Nicols und den Lichtmengen, die der Funke überhaupt und während der Dauer des Kerrschen Phänomens durch den Condensator sendet. Setzte man hierin den für den kürzesten Weg erhaltenen Wert $2\alpha = 17,3^\circ$, so ergab sich, dafs die von dem Funken ausgesandte totale Lichtmenge geringer ist als das 40fache derjenigen, die er in der Zeit aussendet, in der das Kerrsche Phänomen zu verschwinden anfängt, d. h. in weniger als $\frac{1}{100} \mu s$. Nimmt man für den Funken gleichmäßige Intensität während seiner ganzen Dauer an, so würde man daraus schliessen können, dafs diese Dauer viel kleiner ist als $0,4 \mu s$. Würde ferner der Funke in gleicher Intensität $\frac{1}{400} \mu s$ andauern, so würde eine Vergrößerung seiner Entfernung von 20 auf 100 cm das Kerrsche Phänomen noch nicht beeinflussen können; da dieses aber auf die Hälfte reduziert wird, so muß sich die Intensität des Funkens in $\frac{1}{400} \mu s$ schon merklich ändern.

Der relative Verlauf des Kerrschen Phänomens und des Funkens ist in Fig. 2 graphisch dargestellt. Kurve C zeigt die Änderung des Phänomens, die Kurven C_1 bis C_3 die Änderungen des Funkens als Funktionen der Zeit für die drei oben angegebenen Messungen. Die für geringe Entfernung des Funkens gezeichnete Kurve C_1 schneidet C : das Phänomen ist deutlich sichtbar, und der Nicol zeigt $17,3^\circ$. Verzögert man die Ankunft des Funkens, so gleitet die Kurve C_1 nach rechts; sie geht für die zweite Beobachtung (8°) in C_2 über: beim Beginn des Funkens sieht man schon den Schluß des Phänomens. Kommt endlich das Licht des Funkens noch später an und zeigt den Verlauf C_3 , so ist das Phänomen nicht mehr sichtbar. Der Zeitraum von $\frac{1}{100} \mu s$, welcher eine Grenze für das vollständige Aufhören des Kerrschen Phänomens bildet, ist eigentlich aus drei Teilen zusammengesetzt: 1. der Zeitdauer der Entstehung des

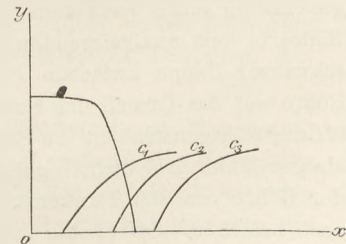


Fig. 2.

Funkens, 2. der Zeitdauer des Verschwindens des elektrischen Feldes im Kerrschen Condensator, 3. der Zeit, in der der Schwefelkohlenstoff seine Doppelbrechung nach Verschwinden des Feldes etwa noch bewahrt. Jede dieser 3 Erscheinungen, für sich allein genommen, wird daher nicht die Zeitdauer von $\frac{1}{100} \mu s$ erreichen.

Mit derselben Methode suchten die Verff. die etwaige Verzögerung der magnetischen Drehung der Polarisationssebene beim Verschwinden des felderzeugenden Stromes zu bestimmen. (*C. R. CXXX, 499; 1900.*) An Stelle des Condensators in der vorigen Anordnung befand sich eine mit Schwefelkohlenstoff gefüllte Röhre, die von einem Solenoid umgeben war. In den Stromkreis des letzteren waren ein Condensator, ein Rheostat und der Entlader *E* eingeschaltet. Das Licht des Funkens *E* passierte der Länge nach die Röhre; die Drehung seiner Polarisationssebene wurde in gleicher Weise wie vorhin bestimmt. Durch einen flüssigen Widerstand wurde die Entladung bei *E* stark gedämpft. Die Verff. fanden bei einem Lichtwege von 20 cm an dem Nicol $2\alpha = 4,5^\circ$, bei einem Lichtwege von 260 cm $2\alpha = 2,3^\circ$; über 6 m hinaus war keine Drehung mehr meßbar. Es geht daraus hervor, daß die gemessene magnetische Drehung der Polarisationssebene sich in $\frac{1}{100} \mu s$ um die Hälfte vermindert und nach der doppelten Zeit beinahe Null wird. Da auch dieser Zeitraum sich aus den oben genannten drei Teilen zusammensetzt, so kann man wohl sagen, daß die wirkliche Drehung noch nicht mit 1 Hundertmillionstel Sekunde Verzögerung dem Strome folgt. Beachtet man, daß das Solenoid die Dauer der Entladung auch noch vergrößert, so kann man wohl als wahrscheinlich ansehen, daß die magnetische Drehung der Polarisationssebene, wie auch das Kerrsche Phänomen den Variationen des Feldes ohne eine Verzögerung folgen.

Mit Hilfe derselben Methode suchte BRUNHES die Geschwindigkeit der Röntgenstrahlen zu messen. (*C. R. CXXX 127; 1900.*) Diese Strahlen besitzen eine Einwirkung auf das Entladungspotential, so daß in einem mit den Polen einer Influenzmaschine verbundenen Funkenmikrometer durch Bestrahlung die Funkenbildung hervorgerufen werden kann. In zwei von einander unabhängigen Mikrometern wird durch Bestrahlung gleichzeitig ein Funken ausgelöst werden; ist das eine Mikrometer von der Röntgenröhre weiter entfernt als das andere, so wird zwischen den beiden Funken die Zeit verfließen, die die Strahlen brauchen, um die Entfernung zwischen den beiden Mikrometern zurückzulegen.

Der Verf. erzeugte nun in der vorigen Versuchsanordnung das elektrische Feld zwischen den Platten des Kerrschen Condensators durch die sekundäre Entladung einer Töplerschen Maschine, deren Pole mit den inneren Belegungen zweier Leydener Flaschen verbunden waren; die äußeren Belegungen führten zu den Condensatorplatten und einer diese entladenden Funkenstrecke. Die primäre Entladung der Maschine gab einen Funken *P*. Von der Entladung einer zweiten (Vofsschen) Maschine wurde unabhängig davon ein Funken *E* erzeugt, der zugleich als Lichtquelle diente und sich vor dem polarisierenden Nicol befand. Werden die beiden Maschinen von zwei Gehülfen gedreht, so tritt im allgemeinen kein Synchronismus der beiden Funken *P* und *E* ein. Ein solcher läßt sich aber durch Einwirkung der von *P* ausgehenden ultravioletten Strahlen auf *E* hervorrufen. Durch geeignete Variation der Drehungsgeschwindigkeiten gelangt man schließlichsich dazu, daß alle Funken *E* gleichzeitig mit *P* auftreten; man erkennt das durch das deutliche Erscheinen des einen Bildes in dem analysierenden Nicol. Der Synchronismus hört sofort auf, wenn ein Schirm schwarzer Pappe zwischen *P* und *E* gebracht wird. Bringt man jetzt eine Crookesche Röhre auf das Gestell des Entladers *P* und erzeugt in dieser durch ein besonderes Induktorium Röntgenstrahlen, so läßt sich der Synchronismus beider Funken, wenn auch mit einiger Mühe und nicht regelmäßig, wieder herstellen. Entfernt man das Gestell mit *P* und der Röhre von der Funkenstrecke *E* bis auf 1 m, so bleibt die Gleichzeitigkeit ebenfalls noch bestehen. Soweit die noch unsicheren Messungen einen Schluss zulassen, scheint die Phasendifferenz des Kerrschen Phänomens bei der letzten Versuchsanordnung in demselben Verhältnis abzunehmen wie sie durch Entfernung von *P* in dem Falle abnimmt, wo der Funken *E* durch die von dem Funken *P* ausgehende ultraviolette Bestrahlung mit diesem

synchronisiert wird. Daraus würde folgen, daß die X-Strahlen sich mit einer Geschwindigkeit von der Ordnung der Lichtgeschwindigkeit fortpflanzen.

Beim weiteren Verfolgen dieser Versuche kam BRUNHES zu der Wahrnehmung, daß die Emissionsdauer der Röntgenstrahlen verglichen mit der Dauer eines elektrischen Funkens eine beträchtliche Größe haben müsse. (*C. R. CXXX, 1007; 1900.*) Die Wirkung der Röntgenstrahlen auf die gleichzeitige Auslösung zweier Funken, eines primären Funkens *P* und eines 60 cm davon entfernten sekundären Funkens *S* desselben Induktoriums blieb die gleiche, ob die Crookesche Röhre sich bei *P* oder bei *S* befand, d. h. es war gleichgültig, ob die Röntgenstrahlen zuerst das primäre oder ob sie zuerst das sekundäre Funkenmikrometer trafen. Der Versuch gelang nicht in dieser Weise, wenn man an Stelle der X-Strahlen die ultraviolette Strahlung eines elektrischen Funkens zur Auslösung der Entladung benutzte. Die Erklärung dieser Verschiedenheit ist in dem Unterschiede zwischen der Dauer eines Funkens und der Dauer einer Emission der X-Strahlen zu suchen.

Auch auf anderem Wege liefs sich dieser Unterschied feststellen. Eine Blechscheibe, die mehrere radiale Reihen kreisförmiger Löcher enthält, wird vor einem Funkenmikrometer in rasche Drehung versetzt; die durch den elektrischen Funken auf einem weissen Schirm erzeugten Schattenbilder jener Öffnungen behalten auch während der Drehung ihre kreisförmige Gestalt. Es ist das ein zuerst von Wheatstone beschriebener Versuch. BRUNHES wiederholte denselben in der entsprechenden Form mit Röntgenstrahlen. An die Stelle des Funkenmikrometers trat die Crookesche Röhre, an Stelle des Papierschirmes ein Fluoreszenzschirm; die Röntgenstrahlen werfen auf diesen ebenfalls kreisrunde Bilder der Oeffnungen, solange die Blechscheibe ruht. Wird diese aber rasch gedreht, so kann man deutlich erkennen, daß die Form der Bilder sich in tangentialer Richtung verlängert. Der Versuch erlaubte annähernd die Emissionszeit der X-Strahlen zu schätzen. Stand die Röhre 40 cm hinter der rotierenden Scheibe, der Leuchtschirm 3 bis 4 cm davor, so erschienen die Öffnungen während der Drehung in Ellipsen verwandelt, deren große Achse ein wenig kleiner war als das Doppelte der kleinen Achse. Die der Peripherie nächsten Öffnungen erschienen am meisten verlängert. Nimmt man an, daß bei diesen in der That die Verlängerung einer Öffnung dem halben Durchmesser (2,5 mm) derselben gleich wäre, so erhält man aus der bekannten Winkelgeschwindigkeit der Scheibe für die Dauer der Emission ungefähr $\frac{1}{12500}$ Sekunde. Die Dauer scheint von der Entfernung der Kathode von der Antikathode abhängig zu sein. Sie ist enorm verglichen mit der Zeitdauer des elektrischen Funkens und ist wohl die Ursache der Schwierigkeit, die Fortpflanzungsgeschwindigkeit der X-Strahlen zu messen.

Wird die Crookesche Röhre von der rotierenden Scheibe von 35 bis 70 cm entfernt, so behalten die Schattenbilder der Öffnungen genau dieselbe Form als wenn die Röhre nahe der Scheibe steht. Der Durchgang durch eine Luftschicht bis zu 35 cm scheint also die Länge eines Wellenzuges der Strahlen nicht zu verändern. Ist dieses der Fall, so dürfte die Zeit, welche zwischen der Ankunft der Wellenfront an zwei aufeinander folgenden Hindernissen vergeht, sehr genau zu messen sein. Und es ist wohl die Ankunft der Wellenfront an einem Funkenmikrometer, die den Funken auslöst in den Fällen, wo die X-Strahlen zwischen zwei unabhängigen Funken den fast vollständigen Synchronismus herstellen, den die Erscheinung des Kerrschen Phänomens enthüllt.

Schk.

Der elektrische Lichtbogen zwischen Metallelektroden in Stickstoff und Wasserstoff.
Von L. ARONS (*Ann. d. Phys. 1, 700; 1900.*) Als Elektroden dienten cylindrische Metallstäbe von 5–8 mm Durchmesser, zwischen denen ein Strom von 105–110 Volt Spannung den Bogen erzeugte. Das Versuchsgefäß wurde mit dem betreffenden Gase gefüllt und war mit Luftpumpe und Manometer in Verbindung. Da die Elektroden schnell weich werden, so muß man, um das Schmelzen zu verhüten, den Versuch bald abbrechen. Da auch der Druck sich bei Einleitung des Stromes änderte, so konnten bei den quantitativen Messungen nur ungefähre Zahlen gewonnen werden.

Der Verf. untersuchte Elektroden aus Al, Cd, Cu, Fe, Mg, Messing, Pb, Pt und Zn. Bei allen diesen Metallen zeigte sich in Stickstoff eine Veränderung der Elektrodenoberfläche, die durch eine Nitriddbildung zu erklären ist. Direkt nachweisen liefs sich das Metallnitrid bei Aluminium und Magnesium. Die Aluminiumelektroden zeigten sich nach längerem Brennen in der Stickstoffatmosphäre mit einer grauschwarzen Kruste bedeckt, die in heifser Kalilauge leicht als Nitrid erkannt wurde. Auf den Gefäßwänden und dem über dem Bogen angebrachten Glimmerdach schlug sich dabei metallisches Aluminium nieder, dessen graue Farbe und äußerst feine Verteilung vermuten liefs, dafs es sich erst wieder aus einer chemischen Verbindung abgeschieden habe. Wahrscheinlich zerfällt in der hohen Temperatur des Bogens das gebildete Nitrid wieder, während es auf den kühleren Elektroden bestehen bleibt. Auch bei den Magnesiumelektroden liefs sich das Nitrid direkt nachweisen. Bei den übrigen Metallen deuteten nur Färbungen auf Nitriddbildung hin; bei allen fand sich aber auf dem Glimmerschirm eine Metallstaubdecke. Messingelektroden färbten sich im Stickstoff kupferig, da der Bogen hauptsächlich vom Zn gespeist wird. Der Bogen zwischen Pt-Elektroden kam erst bei Drucken über 50 cm und bei grofsen Stromstärken zu stande. Ganz abweichend verhielt sich das Silber. Während dieses in Luft einen prächtigen Lichtbogen giebt, erhielt man damit in Stickstoff überhaupt keinen dauernden Bogen; ein vorübergehender bildete sich nur bei 0,5 mm Elektrodenabstand unter Atmosphärendruck. Es spielen jedenfalls bei der Entstehung des Lichtbogens chemische Vorgänge zwischen dem Elektrodenmaterial und dem umgebenden Gase eine Rolle; das Silber hat zu dem Stickstoff eine sehr schwache chemische Verwandtschaft.

Ein Vergleich der vom Verf. gemessenen Spannungen mit den entsprechenden von v. Lang in Luft gefundenen zeigte, dafs bei den meisten Metallen die Spannungen in Stickstoff kleiner sind als in Luft; bei Eisen, das in Luft zu den Metallen mit höherer Spannung gehört, ist sie hier fast am niedrigsten. Nur bei Kupfer ist die Spannung in Stickstoff höher als in Luft. Auch hieraus geht das Vorhandensein chemischer Beziehungen zwischen den Metallen und dem umgebenden Gase hervor.

Bei gleichem Abstände der Elektroden nahm die Spannung an ihnen ab, wenn die Stromstärke stieg; bei gleicher Stromstärke und gleichem Abstände nahm die Spannung mit dem Druck zu. Die geringsten Stromstärken, bei denen der Bogen noch betrieben werden konnte, waren bei verschiedenen Drucken sehr verschieden; ebenso waren die niedrigsten Drucke, bei denen der Bogen entstand, bei den einzelnen Metallen sehr ungleich. Auch das Aussehen des Bogens änderte sich oft mit dem Druck.

Eine Untersuchung des Lichtbogens derselben Metalle in Wasserstoff zeigte grofse Abweichungen von dem in Stickstoff erzeugten Bogen. So versagten Kupfer und Aluminium, die in Stickstoff sehr schöne Bogen lieferten, in Wasserstoff fast vollständig. Platin und Silber erforderten so hohe Stromstärken, dafs die Elektroden sofort gefährdet wurden. Silber ist daher für Messungen fast ungeeignet, ebenso Eisen und Blei; Zinn ist ganz unbrauchbar. Am günstigsten verhalten sich Kadmium, Zink und Magnesium. In wie weit auch hier die chemischen Beziehungen zwischen den Metallen und Wasserstoff von Bedeutung sind, kann erst bei genauer Kenntnis der Hydrüre entschieden werden. *Schk.*

3. Geschichte.

Die Sirenen. Ein Beitrag zur Entwicklungsgeschichte der Akustik. IV. Die Analyse der Sirenenklänge. Von Prof. Dr. Ernst Robel. (*Progr.-Abh. des Luisenstädt. R.-G. zu Berlin, 1900, Pr. No. 102.*) Der letzte Teil dieser verdienstlichen Monographie ist vor fünf Jahren erschienen. (*Vgl. d. Ztschr. VIII 370.*) Nachdem bereits früher dargestellt, wie Ohm das Problem des Klanges unter gewissen vereinfachenden Annahmen behandelt, wird nun auf die Aufgabe eingegangen, wie sich die Ohmsche Erklärung auf die mit den verschiedenen Sirenenformen angestellten Versuche ausdehnen lasse. Diese Aufgabe ist durch den französischen Physiker A. Terquem in einer Abhandlung vom Jahre 1870 (in den *Ann.*

scient. de l'Ecole Norm. Sup. tome VII) geliefert werden, deren Resultate den Hauptbestandteil der vorliegenden Schrift bilden. Terquem hat die Untersuchung mit Hülfe des bereits von Ohm benutzten Fourierschen Theorems über die periodischen Funktionen durchgeführt, und dabei die Voraussetzung gemacht, daß der Druck der im Windkessel befindlichen Luft während des Ausströmens unverändert bleibt, oder was dasselbe ist, daß das Ausströmen der Luft mit constanter Geschwindigkeit geschieht; diese Annahme dürfte in allen den Fällen hinreichend erfüllt sein, wo die Öffnungen der Sirenenscheibe im Verhältnis zu ihren Abständen klein sind. Es stellt sich dabei heraus, daß bei der Hervorbringung eines Tones durch getrennte Stöße stets zweierlei Wirkungen zu unterscheiden sind, eine wirkliche Verschiebung der Luft, die sich mehr oder weniger weit fortpflanzt, ohne auf das Ohr einen Eindruck hervorzubringen, und eine schwingende Bewegung, die selbst wieder in zwei Perioden (der Condensation und der Dilatation) zerfällt, in denen die Luftteilchen gleiche aber entgegengesetzte Bewegungen ausführen. Die Condensation und die Dilatation sind unter sich gleich, ebenso als wenn der Ton von einem schwingenden Körper hervorgebracht würde; die beiden Perioden können im übrigen ungleiche Dauer haben und verschiedenen Gesetzen folgen. Der Klang des erzeugten Tones wird hiernach nur abhängen von der relativen Dauer der beiden Perioden und von der Form der Funktion, die jede dieser Perioden darstellt; haben die beiden Perioden gleiche Dauer, so nähert sich der erzeugte Sirenton soviel als möglich einem einfachen Ton.

Terquem hat seine Untersuchung auf vier Hauptfälle ausgedehnt, die alle bisher vorgekommenen Tonerzeugungen mittelst der Sirenen umfassen, nämlich je nachdem die Töne durch gleiche und äquidistante, oder durch zwei ungleich entfernte, oder durch drei ungleich entfernte, oder durch beliebig viele ungleich entfernte Luftstöße hervorgebracht werden. Der erste Fall wird nicht nur für radial spaltförmige, sondern auch für viereckige, dreieckige und kreisförmige Öffnungen behandelt, ferner auch auf solche Versuche ausgedehnt, bei denen nach R. Königs Verfahren Sirenenscheiben mit am Rande ausgeschnittenen Curven von verschiedener Form zur Verwendung kommen. Im zweiten Fall wird unterschieden, ob die beiden Impulse in demselben oder in entgegengesetztem Sinne erfolgen. Entsprechende Unterscheidungen werden auch im dritten Fall gemacht. Besonders interessant ist der vierte Fall, der sowohl auf gewisse Erscheinungen an den Savartschen Zahnrad-sirenen, als auf die Sirenen von Opelt Anwendung findet. Bei letzterer befinden sich auf dem 16. bis 20. Löcherkreise nicht äquidistante Öffnungen, die derart angeordnet sind, daß zwischen 24 äquidistante Öffnungen andere unter sich äquidistante eingeschaltet sind, deren Zahl auf dem Terzenkreise $\frac{5}{4} \cdot 24 = 30$, auf den folgenden $\frac{4}{3} \cdot 24 = 32$, $\frac{3}{2} \cdot 24 = 36$, $\frac{5}{3} \cdot 24 = 40$, $\frac{7}{4} \cdot 24 = 42$ beträgt. Für diese Kreise ermöglicht die Terquemsche Theorie die Bestimmung der Grundtöne und der gleichzeitig hörbaren harmonischen Obertöne; ebenso auch für den 21. bis 24. Kreis, die die gemischten Rhythmen und die hüpfenden Rhythmen liefern. Die von Terquem in Aussicht gestellten Experimentaluntersuchungen zur weiteren Prüfung und Bestätigung seiner Resultate scheinen nicht ausgeführt worden zu sein, da keine Veröffentlichung darüber bekannt ist.

Den Schluß der Abhandlung bildet eine Beschreibung von Königs Methode der manometrischen Flammen zur experimentellen Analyse der Sirenenklänge. Ein fünfter und letzter Teil soll die Wellen- und die elektrischen Sirenen sowie einige besondere Formen zur Besprechung bringen.

P.

4. Unterricht und Methode.

Instruktionen für den physikalischen und chemischen Unterricht in Frankreich. Das französische Ministerium des öffentlichen Unterrichts hat vor kurzem, gleichzeitig mit neuen Lehrplänen, Instruktionen für den höheren Schulunterricht (*enseignement secondaire*) erlassen, die zwar zunächst nur für die „klassische“ Abteilung der höheren Schulen bestimmt sind, aber doch auch für die „moderne“ (realistische) Abteilung Gültigkeit haben (*Instructions concernant les programmes de l'enseignement secondaire classique, Paris, Delalain frères, 1899*).

Voraus bemerkt sei, daß in der klassischen Abteilung nur auf der obersten Stufe (*classe de philosophie*) während eines Jahres 5 St. wöchentlich für Physik und Chemie, überdies allerdings 2 St. Naturgeschichte angesetzt sind, wozu noch insgesamt 12 St. Hygiene während des ganzen Schuljahres hinzukommen. Die Instruktionen, die namentlich für die Disziplin bedeutsame Reformen vorschreiben, geben hinsichtlich der „*Sciences physiques*“ nur folgenden kurzen Auszug aus den Verhandlungen der für die Reformen des naturwissenschaftlichen Unterrichts eingesetzten Commission:

„Im naturwissenschaftlichen Unterricht liegt der gewöhnlichste Fehler darin, daß entgegen der experimentellen Natur der Wissenschaft der Unterricht in dogmatischer Form erteilt wird. Das Experiment, das die Grundlage und der Nerv der Wissenschaft ist, sollte im Unterricht nicht nur als Illustration und zur Unterhaltung auftreten. In der Physik ist eine gute Darstellung der bereits erkannten Wahrheiten ohne Zweifel etwas sehr Nützlich. Noch nützlicher aber würde es sein, wenn man die Schüler in die Methode selbst einführt, die die fruchtbarste und allgemeinste von allen ist, und die darin besteht, daß richtig analysierte Thatsachen zur Grundlage sowohl als auch zur Berichtigung und zur Bestätigung des Denkens dienen. Der Lehrer wird also seinen Unterricht der Kultur des Geistes dienstbar machen müssen; die analytische Methode ist hier die einzig anwendbare. Von wohlconstatirten Thatsachen aus, von einfachen Experimenten, die vor den Schülern in der Stunde selbst angestellt sind, wird er zur Untersuchung complizierterer Erscheinungen fortschreiten und mit der Feststellung des sie beherrschenden Gesetzes schließen. Er wird überdies, bei einigen dafür geeigneten Fragen, in zusammenfassender Darstellung den Weg aufzeigen, den der menschliche Geist gegangen ist, und die aufeinanderfolgenden Schritte, durch die er zur Entdeckung der wissenschaftlichen Wahrheit gelangt ist. Auf diese Weise wird sich am überzeugendsten der Einfluß erkennen lassen, den die wohlüberlegte Anwendung der experimentellen Methode auf die Entwicklung und den Fortschritt der Naturwissenschaften geübt hat.“

Diese Grundsätze, die in Deutschland wohl allgemein anerkannt sind, werden dann noch durch die Ratschläge erläutert, die der berühmte Chemiker J. B. Dumas bereits in den Instruktionen von 1854 niedergelegt hat. Es heißt dort unter anderm:

„Man kann die Schüler mit Leichtigkeit dazu bringen, daß sie ein ganzes Lehrbuch der Chemie auswendig lernen, aber dies ist noch kein wahres Wissen; sorgt der Lehrer dafür, daß die Schüler die Wissenschaft wirklich verstehen, so werden ihre Leistungen vielleicht weniger „brillant“, aber ihre Begriffe werden sicherer und dauerhafter sein. Um dies zu erreichen, muß man sie durch häufige Beispiele daran gewöhnen, selbst über die Erscheinungen nachzudenken, Schlüsse daraus zu ziehen und Folgerungen abzuleiten. Handelt es sich um grundlegende Versuche, wie die Analyse der Luft, die Verbrennung des Kohlenstoffs und Wasserstoffs, so sollte der Lehrer die ganze Kraft der Aufmerksamkeit seiner Schüler darauf konzentrieren, indem er den Verlauf der Vorgänge genau verfolgt, sie in dem Maße wie sie sich abspielen beschreibt, die verschiedenen Phasen vorher ankündigt, die Zwischenfälle erklärt, ohne sich doch in Einzelheiten zu verlieren.“ —

„Will der Lehrer sich der Resultate vergewissern, die er erzielt hat, so lasse er von einem der Schüler eine Stelle aus einem chemischen Buche laut vorlesen und verlange eine Erklärung oder einen Commentar, entweder von dem Schüler selbst oder von seinen Mitschülern. Während das Vorlegen von Fragen über chemische Gegenstände nicht immer den wünschenswerten Erfolg hat, kommt man mit diesem Verfahren immer zum Ziel. Wenn der Schüler die Begriffe, die der Text enthält, richtig auffaßt, und die zahlreichen Fragen die sich daran anschließen lassen, richtig beantwortet, so weiß er schon viel. Wenn er im Gegenteil zögert oder sich irrt, so ist nichts geeigneter ihn erkennen zu lassen, daß er noch erneute Anstrengungen machen muß.“ —

„Giebt man den Schülern stöchiometrische Aufgaben, so empfiehlt es sich, die Lösung ab und zu durch den Versuch zu kontrollieren. Haben die Schüler z. B. berechnet, wieviel ccm Kohlensäure man aus 1 Gramm Kreide erhält, so ist nichts leichter als das Resultat

unmittelbar durch einen Schüler vor der Klasse durch den Versuch über der Quecksilberwanne bestätigen zu lassen.“ —

Während diese Bemerkungen hauptsächlich den chemischen Unterricht angehen, beziehen sich die folgenden insbesondere auf den physikalischen Unterricht.

„In den physikalischen Apparaten erscheint der erste Gedanke des Erfinders sehr häufig in einer Form, die ihn seiner ursprünglichen Einfachheit beraubt. Fast immer finden sich diesen Apparaten complizierte Einrichtungen hinzugefügt, auf die der Blick des Schülers abirrt und die ihn von dem eigentlichen Gegenstand der Demonstration ablenken. Ihr hoher Preis läßt in den Schülern den Gedanken nicht aufkommen, daß sie selbst sich einmal mit Physik beschäftigen könnten; sie glauben leicht, daß diese Wissenschaft denen vorbehalten sei, die über ein großes Kabinet oder über ein großes Vermögen verfügen. Was kann es aber einfacheres geben als die Mittel, mit denen Volta, Dalton, Gay-Lussac, Biot, Arago, Melus, Fresnel die moderne Physik begründet haben? Sie erreichten dieses Ziel mit so gewöhnlichen Werkzeugen, mit so geringem Kostenaufwand und durch so einfache Versuche, daß man mit Recht die Frage aufwerfen darf, ob der physikalische Unterricht nicht den Verfertiguern von Apparaten zu viel Einfluß eingeräumt hat. Unmerklich hat man den Gedanken, den man dem Geist der Schüler zuführen will, zurücktreten lassen hinter dem Apparat, der nur die materielle Darstellung oder die Bestätigung des Gedankens liefern sollte. Die Professoren nehmen Anstand eine Klasse von Erscheinungen zu behandeln, wenn ihrem Kabinette der Apparat fehlt, den die Pariser Konstrukteure für diesen Zweck erdacht haben; als ob ihre Darstellung etwas verlöre, wenn sie mit den sehr einfachen, von den Erfindern selbst ersonnenen Mitteln geschähe!“ —

„Wir können nicht nachdrücklich genug darauf hinweisen, wie wichtig für den Unterricht ein neben dem Kabinet gelegener Arbeitsraum ist; die Lehrer der Physik sollten darauf bedacht sein, ihre Apparate zu vereinfachen, sie, wenn es nur irgend möglich ist selbst zu construieren, nur einfache Materialien dazu zu verwenden, sich bei ihren Konstruktionen den primitiven Apparaten der Erfinder anzunähern, Apparate mit mehr als einer Bestimmung, deren Beschreibung fast immer für die Schüler unverständlich bleibt, zu vermeiden.“ —

„Auch das Streben nach zu großer Präzision ist ein Fehler. Irrig ist es z. B. zu behaupten, daß man von der Ausdehnung der Gase durch die Wärme nicht sprechen könne, ohne auf die feinen Apparate einzugehen, die zu den letzten Maßbestimmungen für diese Erscheinung gedient haben. Daß Wärme die Luft ausdehnt, ist für jedermann nützlich zu wissen; daß diese Ausdehnung für alle Gase merklich dieselbe Größe hat, muß allen unterrichteten jungen Leuten bekannt sein, denn es ist eins der schönsten Naturgesetze. Aber daß dieses Gesetz nur von beschränkter Gültigkeit sei und daß jedes Gas einen besonderen Ausdehnungskoeffizienten habe, der von einem zum andern in der dritten oder vierten Dezimale variiert, dies geht nur die Gelehrten von Beruf an.“ —

„Der Unterricht muß auch die Apparate berücksichtigen, die sich auf die Anwendungen der Physik im täglichen Leben beziehen. Verschmähen wir es nicht, unseren Schülern die Prinzipien klar zu machen, auf denen die häuslichen Beleuchtungsapparate beruhen, und die Art, wie man damit umzugehen hat, zu erörtern. Sie sollen lernen, woran man eine gute Heizvorrichtung erkennt und wie man sie am besten ausnutzt. Sie sollen verstehen ihre Wohnung rationell zu lüften und gesund zu halten.“ —

„Es ist ratsam, auf die geschichtliche Entwicklung der wissenschaftlichen Erkenntnis einzugehen. Die Schüler werden dadurch lernen, daß man in der Physik, wie in fast allen Wissenschaften mit Ausnahme der Geometrie, sich davor hüten muß, selbst aus einem als sicher erkannten Prinzip zu weit gehende Folgerungen zu ziehen, wenn man nicht im stande ist, sie durch die Erfahrung zu prüfen und so zu bestätigen. Von allen Lehren, die den Schülern gegeben werden, ist diese eine der wichtigsten.“ —

Die französische Unterrichtsbehörde hat es für gut befunden, diese vortrefflichen Ratschläge gelegentlich der neuen Lehrpläne wieder in Erinnerung zu bringen. In der

That scheinen grade einige der wertvollsten dieser Ratschläge in dem inzwischen verflossenen halben Jahrhundert noch keineswegs eine durchgreifende Wirkung geübt zu haben. Was einer solchen Wirkung entgegensteht, ist der Geist des französischen Unterrichtswesens selber, der in der Einrichtung der allgemeinen Wettbewerbe (*concours généraux*) gipfelt und die Übergangsprüfung zu den Hochschulen den Professoren der letzteren überträgt. Beide Einrichtungen begünstigen eine Tendenz zu eben den „brillant“en Abschlufsleistungen und zu jenem Vielwissen, das von Dumas als minderwertig verworfen wird; sie leisten ferner einer Uniformierung des Unterrichts Vorschub, die ihren deutlichsten Ausdruck in der Gleichförmigkeit der Unterrichtsapparate findet. Was Dumas bereits verurteilte, die Herrschaft der von den Mechanikern construierten Apparate, ist auch heut noch die Regel. Wir dürfen demgegenüber mit Genugthuung darauf hinweisen, dafs die gröfsere Freiheit unseres Unterrichtsbetriebes es uns ermöglicht hat, vieles von dem zu verwirklichen, was ein so hervorragender Forscher wie Dumas als richtig erkannt hat. P.

5. Technik und mechanische Praxis.

Wellentelegraphie. JOH. HÄRDÉN veröffentlichte in der *E.T.Z.* 21, 272 (1900) Untersuchungen über die Wirkungsweise des Fritters, bei denen er diesen nebst den Leitungen und der Batterie als einen unterbrochenen ringförmigen Leiter betrachtete, in dem, sobald ihn elektrische Wellen treffen, nach Hertz elektrische Ströme entstehen. Um nach dem Vorgange von Arons (d. Zeitschr. 12, 31; 1899) die Erscheinungen mit dem Mikroskop beobachten zu können, wandte er einen Fritter mit nur einer Kontaktstelle an. HÄRDÉN'S erste Versuchsanordnung ist in Fig. 1 dargestellt.

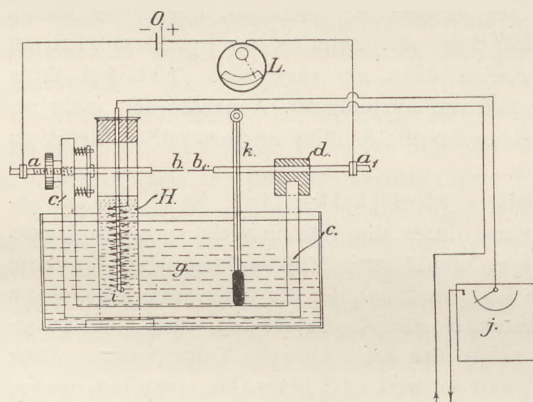


Fig. 1.

Am rechten Ende von c ist der Stab a_1 isoliert angebracht, während am anderen Ende der mittels Mikrometerschraube verstellbare Stab a sitzt. Die in die einander zugekehrten Enden der beiden Stäbe eingesetzten zugespitzten Platindrähte b, b_1 bilden den Fritter. In dem Trog g steht zur Regulierung der Temperatur ein mit Wasser gefülltes Glas H mit einem elektrischen Heizwiderstand i . Die beiden Platinspitzen hatte HÄRDÉN mit mikroskopisch kleinen Kügelchen versehen, indem er die Drähte vor der Anbringung mit dem einen Pole einer Batterie verband, sie in einen mit dem anderen Pole verbundenen Quecksilbernapf eintauchte und den Strom unterbrach. Die in das Gesichtsfeld eines Mikroskops gebrachten Platinkugelspitzen stellte er so ein, dass sie sich gerade berührten. Darauf erwärmte er das Bad etwas, sodass die Kügelchen sich infolge der Ausdehnung des Bügels c etwas von einander entfernten. Die Entfernung regulierte er nun so, dass das Galvanometer L keinen Ausschlag gab. Lief's man bei einer Entfernung der Kugeln von etwa 0,15 mm elektrische Wellen auf den Fritter fallen, so sah man zwischen den Kugeln lebhaft Funken überspringen, ohne dafs das Galvanometer einen Ausschlag zeigte. Erst als man die Entfernung der Kügelchen auf etwa 0,005 mm verminderte, schlug das Galvanometer beim Überspringen der Funken aus. Da die Einrichtung gegen äufsere Einwirkungen so empfindlich war, dafs man die Entfernung der Kugeln nicht constant erhalten konnte, so bediente sich HÄRDÉN bei seinen weiteren Versuchen der in Fig. 2 dargestellten Vorrichtung,

die eine sehr feine Einstellung der beiden Spitzen ermöglichte. Diese bestehen hier aus äußerst fein geschliffenen Stahlspitzen bb_1 . Die mittels Mikrometerschrauben regulierbaren Halter der beiden Stäbe aa_1 sind auf dem als Grundplatte dienenden Messingrahmen E befestigt.

Die Einrichtung des Senders ist in Fig. 3 abgebildet. A ist der Funkeninduktor, der aus dem Beleuchtungsnetz (120 V) gespeist wurde. S ist ein Wehnelt'scher Unterbrecher. Wegen der ziemlich geringen Selbstinduktion der primären Induktorwicklung war eine Spule B mit erheblicher Selbstinduktion in den Stromkreis eingeschaltet. Es wurde zwar hierdurch ein ziemlich regelmäßiges Arbeiten des Wehnelt'schen Unterbrechers erzielt, doch war es unmöglich, die Stromstärke in dem erforderlichen Maße zu steigern. Es wurde deshalb ein gewöhnlicher von dem Element R betriebener Quecksilberunterbrecher V mit kurzer Unterbrechungs- und langer Stromschlußzeit parallel zur Spule B geschaltet. Da es vorteilhaft war, mit ziemlich langen Wellen zu arbeiten, wurden bei dem Strahlapparat die beiden großen Ladungstafeln LL von ziemlicher Kapazität an die sekundären Pole angeschlossen und zwischen diesen und dem Strahlapparat die 2 kleinen als Funkenstrecken dienenden Unterbrechungsstellen gg eingesetzt. Der Schlüssel ist in der Zeichnung weggelassen. Der Strahlapparat befand sich in der Brennpunktlinie eines parabolischen Spiegels.

Unter der Einwirkung elektrischer Wellen begannen bei 0,3 mm Abstand der Fritterspitzen Funken überzuspringen, ohne daß das Galvanometer ausschlug. Näherte HÄRDEN die Spitzen, so wurden die Funken lebhafter, bis bei einer Entfernung von 0,006 mm, die er mittels einer im Okular angebrachten Mikrometerskala maß,

sich plötzlich eine deutliche dunkle Brücke zwischen den Spitzen bildete. Hierbei beobachtete er bei genügender Vergrößerung (etwa 300), wie beim Übergang der Funken sich kleine Metallteile von der einen Spitze ablösten und zur anderen hinübergingen. Zur besseren Beobachtung stellte er den Fritter so, daß er den Funken ohne gar zu hellen Glanz auf einem hellen Hintergrund, z. B. einem weißen Blatt Papier, sah. In dem Augenblick, wo die Brücke entstand, hörte jede Lichterscheinung zwischen den Spitzen auf und das Galvanometer zeigte einen kräftigen Ausschlag von etwa 150 Milliampère. Sobald man dagegen die Stahlspitzen leise erschütterte, wurde die Brücke dazwischen zerstört und das Galvanometer ging sofort auf Null zurück. Die Versuche zeigen übrigens, daß es bei der Wirkung des Fritters hauptsächlich darauf ankommt, die Unterbrechungsstellen möglichst klein zu machen.

TOMMASINA (vergl. d. Zeitschr. 12, 304; 1899) hat einen Fritter erfunden, der den Strom sofort unterbricht, sobald er nicht mehr den Wirkungen elektrischer Wellen ausgesetzt ist. Der neue Fritter (*E.T.Z.* 21, 492; 1900) besteht aus einer Ebonitplatte mit einem Loch von 2 mm Durchmesser, das beiderseits mit einer Glimmerplatte verschlossen ist. Der Hohlraum ist mit Kohlenpulver gefüllt, wie es in den Mikrofonen der schweizer Fernsprechanlagen

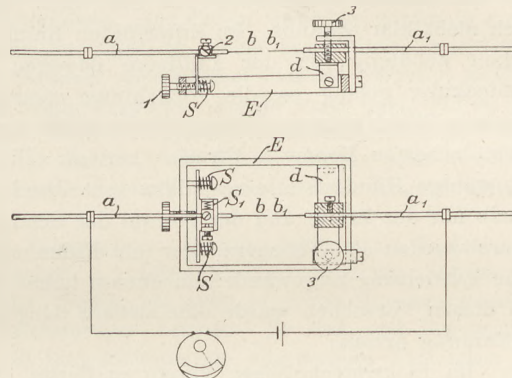


Fig. 2.

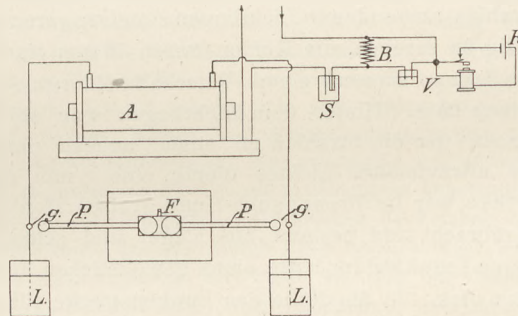


Fig. 3.

benutzt wird. Von beiden Seiten ragt je ein Neusilberdraht in das Pulver hinein, deren innere Enden etwa 1 mm von einander entfernt sind. TOMMASINA verwendet diese Fritter in Verbindung mit einem Fernhörer und einem Trockenelement als Empfänger. Sobald elektrische Wellen den Fritter treffen, hört man im Fernhörer ein deutliches Knacken und ebenso, wenn die elektrischen Wellen aufhören.

W. A. NIPPOLDT machte in einem Vortrage über Wellentelegraphie nach dem System Schäfer einige Mitteilungen über den Empfänger von Schäfer. (*E.T.Z.* 21, 492; 1900.) Der Widerstand der Spalten in der Metallbelegung, der für gewöhnlich 50 Ohm sei, steige bei der elektrischen Bestrahlung auf 5000 Ohm. Die Ursache dieser Widerstandszunahme sei noch nicht klar erkannt. Im luftgefüllten Raum ist die Empfindlichkeit von der Luftfeuchtigkeit abhängig, in der Luftleere dagegen vollständig unveränderlich. Durch diese Entdeckung gelang es, die Vorrichtung wesentlich zu verbessern. Der Metallbelag wird jetzt aus Silber statt aus Stanniol hergestellt und durch einen oder mehrere Schnitte mit einem scharfen Messer in Streifen zerlegt. Die Summe aller Schnittbreiten beträgt dabei nur wenige Hundertstel eines Millimeters. Die Empfindlichkeit nimmt bis zu einem gewissen Grade mit der Breite und der Anzahl der Schnitte zu. Bei den Versuchen am Adriatischen Meere wurden als Wellenerzeuger ein Ruhmkorff von 30 cm Schlagweite und eine 20 m hohe Luftleitung angewandt; ein ebenso hoher Auffangedraht gehörte zur Empfangsstation. Bei diesen Versuchen wurde eine sichere telegraphische Verständigung bis auf etwa 100 km Entfernung erzielt.

Im Elektrotechnischen Verein zu Berlin führte Prof. STRECKER (*E.T.Z.* 21, 492; 1900) einen Versuch vor, um die Anwendung der Zicklerschen Lichttelegraphie (*d. Zeitschr.* 12, 43, 1899) zu zeigen. Er hatte die übliche Anordnung etwas abgeändert. Der die ultravioletten Strahlen aussendende Lichtbogen stand wagerecht, um die starke Wärmeentwicklung weniger lästig zu machen, die Kohlen waren 16 mm stark und die Bogenlänge betrug etwa 10 mm. Die Lampe war mit einem Vorschaltewiderstand von 5 Ohm auf 220 V geschaltet; der Strom betrug 25 A. Hinter dem Lichtbogen war ein Hohlspiegel von 30 cm Durchmesser angebracht, der die Strahlen zu einem nahezu parallelen Bündel vereinigte. Zur Beseitigung des ultravioletten Lichtes diente eine 8 mm dicke Glasplatte. Die empfangende Funkenstrecke war im Brennpunkt eines großen Hohlspiegels (45 cm Durchmesser) in freier Luft angebracht und bestand aus Kugel und schlanker Spitze (2 mm Funkenweite). Das ganz kleine Induktorium hatte einen gewöhnlichen Federunterbrecher, die 7,5 mm lange Spule war 5 cm dick. In die Nähe der Funkenstrecke führte ein frei in der Luft endigender Draht, der mit einer daneben aufgestellten Marconischen Einrichtung für Funkentelegraphie verbunden war, die auf eine Klingel geschaltet, um die Zeichen hörbar zu machen. Hiermit liessen sich Zeichen auf die größte im Saale verfügbare Entfernung (23 m) zuverlässig geben. Dabei war der größte Teil des Strahlenkegels durch eine Blende von 12 cm Öffnung abgeblendet, um eine leichtere Glasscheibe benutzen zu können. Im Anschluß an die Vorführung machte Herr JUL. H. WEST auf eine andere aber einfachere Lichttelegraphie aufmerksam, die wie die Zicklersche geheim ist. Der Sender besteht aus einer starken Lichtquelle und einer Quarzplatte und die Empfangseinrichtung lediglich aus dem durch eine Quarzplatte geschützten Auge des Beobachters. Um Zeichen zu geben, braucht man nur entsprechend den Morsezeichen die Quarzplatte des Senders absatzweise um jedesmal 90° zu drehen. Da die Quarzplatte das Licht polarisiert, so sieht der Beobachter bei der einen Stellung der ersten Quarzplatte deutlich die Lichtquelle, bei der anderen Stellung dagegen nichts. Das unbewaffnete Auge dagegen kann die Zeichen nicht beobachten, sodafs die Übertragung geheim ist. Diese Einrichtung ist einfacher und leistungsfähiger als die Zicklersche, diese hat nur den Vorzug, daß sie jederzeit ein Anrufen gestattet.

H.-M.

Neu erschienene Bücher und Schriften.

Geometrisch-optische Täuschungen. Eine Raumästhetik von Th. Lipps, Leipzig, Joh. Ambr. Barth, 1898.

Vor zwei Jahren hat Professor Lipps in München ein Werk über „Raumästhetik“ geschrieben, in welchem ein Gedanke weiter ausgeführt wird, den der Verfasser zuerst aus Anlaß des 70. Geburtstages von Hermann Helmholtz in einer psychologischen Festschrift dargelegt hatte. Der Gedanke ist der, daß der optische und der ästhetische Eindruck, den wir von geometrischen Formen gewinnen, nur zwei Seiten einer und derselben Sache seien und ihre gemeinsame Wurzel haben in Vorstellungen von mechanischen Thätigkeiten. Aus diesem Gedanken werden in systematischer Weise die geometrisch-optischen Täuschungen abgeleitet. Eine große Reihe von Zeichnungen sind in den Text eingestreut und vom Verfasser verschiedenen Personen vorgelegt worden. Die Meisten trafen sofort das von ihm selber als richtig Erkannte. Andere waren wohl, weil sie geübt und im Stande waren, gewisse modifizierende Nebenvorstellungen zurückzudrängen, im Urtheil unsicher. Daher sind nach dem Verfasser geschickte Zeichner und Künstler keine guten Versuchsobjekte — ein Schluß, der völlig mit dem übereinstimmt, was Helmholtz vom Künstler fordert, daß er das kenne, was den Beschauer täuscht.

Allgemein sind ja die Täuschungen über Distanzen — die beim militärischen Entfernungsschätzen auch eine praktische Bedeutung erlangt haben —, sowie die besonders von Zöllner beschriebenen und sowohl in manche Lehrbücher der Physik, als auch in Unterhaltungszeitschriften übergegangenen sogenannten pseudoskopischen Erscheinungen bekannt. Es sind auch Regeln über einzelne Täuschungsgruppen aufgestellt und durch Zurückführung auf allgemeinere Thatsachen ist Manches erklärt. Hier, bei Lipps, wird aber zum ersten Male der Versuch gemacht, unter bedeutender Erweiterung und systematischer Anordnung des Thatsachenmaterials aus einem einzigen Prinzip heraus alle Erscheinungen zu erklären. Eine quantitative Bestimmung freilich bezüglich des Verhältnisses zwischen der psychischen Energie der Betrachtungsweise und ihrer optischen Wirkung liefs sich nicht aufstellen. Insofern allerdings die „ästhetische Mechanik“ mathematischen Gesetzen unterliegt, muß „die in den schönen geometrischen Formen frei sich verwirklichende mechanische Gesetzmässigkeit sich auch auf eine Formel bringen lassen“, ebenso wie jede Abweichung von dieser Gesetzmässigkeit. Die in den Formeln befindlichen Grössen sind Kräftefunktionen und mit ihrem numerischen Werte steigt und sinkt nach bestimmbaren Gesetzen ihre psychische und optische Wirkung. Es wäre eine dankbare Aufgabe der Mathematik, solche Grössenbezeichnungen aufzufinden.

Die Untersuchungen von Lipps betreffen also ein Thatsachengebiet, auf welchem die Feinheit und sichere Gesetzmässigkeit des psychologischen Mechanismus, der eben durch diese Erscheinungen über den Begriff eines Mechanismus hinauszuwachsen scheint, besonders hervortritt und sich mit Händen greifen läßt. Der Verfasser zeigt zuerst, wie wir die dorische Säule zum Gegenstande einer mechanischen Deutung machen, in dem wir das Geschehen aufser uns nach Analogie des Geschehens in uns oder nach Analogie unseres persönlichen Erlebens betrachten. Mit der Wahrnehmung der Säule ist unmittelbar diese unserer Thätigkeit verbunden, welche an die unmittelbare Freude der Wahrnehmung das Gefühl der Sympathie knüpft. Somit überschätzen wir die Höhe und unterschätzen die Breite der Säule, welche für unser Gefühl der Schwere entgegenarbeitet. So geben die optischen Täuschungen am Säulenbau ein eigenes inneres Leben dieses Baues wieder: wir fassen ihn auf als Einheit und Persönlichkeit, die eine Geschichte erlebt. Nicht der rohe Block ist krafterfüllt und lebendig, sondern die geometrische Form macht ihn erst dazu. So sind Architektur, Keramik, Skulptur, Raumkünste. Wie es aber in der Dichtkunst neben dem Drama ein Epos und eine Lyrik giebt, in welcher die Sprachform allein der sinnliche Träger ist, so können die genannten Künste auch durch das Ornament in abstrakter Weise reden und darstellen. Die einzelnen, schönen, geometrischen Formen sind Symbole, vergleichbar den Worten der Sprache und wie der ganze Reichtum der letzteren schließlic durch Combination von 24 Buchstaben sich entfaltet und bildet, so enthalten die Combinationen weniger geometrischer Grundformen die ganze Schönheit aller Baustyle, Ornamente und Skulpturen. Stilisierung ist nach Lipps Loslösung der geometrischen Formen aus ihrem concreten Wirklichkeitszusammenhange. Es wird dann ihr allgemeines Bildungsgesetz für sich zur Anschauung gebracht und damit aus der Sphäre der blofs gewohnten Wirkungsweise in diejenige der mechanischen Gesetzmässigkeit erhoben. So könnte man jede geometrische Form schließlic stilisierte Natur nennen.

Wie wir ein Sprachgefühl haben, so auch ein solches für mechanische Vorgänge in der Natur und in den Kunstwerken. Nun bedingt die Forderung des Gleichgewichts, daß jeder thätigen, aus

der Form herausgelesenen Tendenz eine Gegentendenz entspricht, so daß das Gleichgewicht ein Resultat der Thätigkeit ist. So erklärt Lipps den unteren Wulst der ionischen Säule. Die Gegentendenz kann aber auch als beständig wirkender Widerstand auftreten, an dessen Überwindung sich die Kraft verzehrt, wie bei den gothischen Spitzen, in denen die vertikale Thätigkeit des ganzen Baues zu verklingen scheint. Zur Erklärung der optischen Täuschungen ist nun wichtig die Beantwortung der Frage, welches die primären Tendenzen, und welches die sekundären Gegentendenzen sind. Da unterscheidet der Verfasser zunächst begrenzende Thätigkeit der geometrischen Form und als sekundäre dazu die Ausdehnungstendenz, welche das Gleichgewicht herzustellen sich bemüht. Auf dem Spiel dieser Kräfte beruht z. B. die Täuschung, daß Kühe im niedrigen Stall größer erscheinen. Ein zweiter Gegensatz ist der Begriff der Schwere und der der vertikalen Ausdehnung. Hierbei ist die Ausdehnungstendenz immer das Primäre und die ihr entgegenwirkende Schwere das Sekundäre. Auch auf dem Wettstreit dieser Thätigkeiten beruht eine große Anzahl von Täuschungen. Endlich haben wir noch als dritten Gegensatz den Fortgang in gleicher Richtung und die primär wirkende, entgegengesetzte, ablenkende Thätigkeit. Diese Tendenz der Form, der vertikalen Ausdehnung und der Richtungsänderung sind einzeln oder in Verbindung und Konkurrenz mit einander in den konkreten Fällen optisch-geometrischer Täuschungen wirksam. Die in der primären Tendenz liegende Nötigung führt die optische Täuschung herbei, welche dann allmählich durch Entwicklung der sekundären Tendenz gehemmt wird. Die Täuschungen sind demnach Urteiltäuschungen.

Die Lektüre des Werkes wird für jeden Lehrer der Mathematik und Physik gewinnbringend sein und ihm mannigfache Anregungen geben. Besonders wichtige und einfache Täuschungen wird man auch dem Schüler nicht vorenthalten, der vielleicht sogar hie und da den Grund derselben ausfindig macht, nachdem der Lehrer an einigen typischen Beispielen die drei Haupttendenzen erklärt hat. Manches kann auch im Zeichenunterricht bei Besprechung der Baustyle verwendet werden.

W. Grosse, Bremen.

Grundrifs einer Geschichte der Naturwissenschaften. Zugleich eine Einführung in das Studium der grundlegenden naturwissenschaftlichen Litteratur. Von Dr. Friedrich Dannemann. II. Band. Die Entwicklung der Naturwissenschaften. Mit 76 Abbildungen zum größten Teil in Wiedergabe nach Originalwerken und einer Spektraltafel. Leipzig, Wilhelm Engelmann, 1898. 435 S. M. 9.—, geb. M. 10.50.

Während der erste Band dieses Werkes (vgl. d. Zeitschr. X 262) eine Reihe von Abschnitten aus den Werken hervorragender Naturforscher brachte, die mit großem Geschick ausgewählt und vortrefflich commentirt belehrende Einblicke in die Werkstatt der Forschung thun ließen, bringt der zweite eine in großen Zügen entworfene Geschichte der Naturwissenschaften. Auch hier hat der Verfasser in der Auswahl aus der ungeheuren Stoffmenge wieder eine glückliche Hand bewiesen und es verstanden auf einem knapp bemessenen Raume den wichtigsten Stadien in der Entwicklung der exakten Wissenschaften gerecht zu werden. Daß hierbei dem Altertume und dem Mittelalter ein viel bescheidenerer Platz zugewiesen wurde als den folgenden Zeiten großer Entdeckungen und Erfindungen liegt in der Natur der Sache.

Die einzelnen Abschnitte sind zumeist so angelegt, daß die Entwicklung der Mathematik und Astronomie vorangestellt werden, dann Physik und Chemie folgen, worauf die Fortschritte in Geologie, Mineralogie, Botanik und Zoologie den Schluß bilden. Nur für die neueste Zeit weicht der Verfasser von dieser Anordnung ab und stellt aus guten Gründen die chemischen Entdeckungen an die Spitze des Abschnittes. Ein Ausblick auf die Aufgaben und Ziele der Zukunft krönt das Ganze.

Im Eingange hat es mich befremdet, daß bei der Aufzählung der alten Kulturvölker der Chinesen nicht Erwähnung gethan wurde. Es scheint, daß man ihre Kultur und deren Alter nun eben so sehr unterschätzt, als man sie früher überschätzt hatte. Daß Ellipse, Hyperbel und Parabel durch die Schnitte einer Ebene mit einem Kegelmantel erzeugt worden, ist ebenso wie die Existenz der Asymptoten bei der Hyperbel keine Entdeckung des Apollonius; beides war schon Menächmus im vierten Jahrhundert v. Ch. bekannt. Die bei Lucretius erwähnte Kette magnetischer Ringe war bereits Plato bekannt, welcher sie in seinem Dialoge Ion zu einer geistreichen Parallele zwischen magnetischen und geistigen Einwirkungen benützt. Seite 41 heißt es bei Erwähnung der an Bernstein entdeckten Reibungselektrizität: „An andern Substanzen scheinen die Alten jene Eigenschaft nicht bemerkt zu haben.“ Nun erwähnt aber Theophrastus der Eresier in seinem Buche über die Steine einen Edelstein Lynkurion, der durch Reiben elektrisch wird. Auf S. 34 wird gesagt, daß das Grabmal des Archimedes ohne Inschrift gewesen sei. Es heißt aber in der vom Verfasser citirten Stelle aus den Quæstiones Tusculanae Ciceros, der auf die Entdeckung dieses Grabmales sehr stolz war: „Adparebat epigramma exesis posterioribus partibus versiculorum dimidiatis fere.“ — Unrichtig ist es auch, wenn S. 20 gesagt wird, die Sonne beschreibe zu Syene einen auf dem Horizonte senk-

rechten Kreis. Dies ist nur unter dem Äquator der Fall. Syene aber liegt (nahezu) unter dem Wendekreise. Der Druckfehlerteufel hat S. 209, 210 und im Register die Schreibung „Riche“ verschuldet, während S. 253 der Name in der richtigen Schreibweise (Richer) erscheint. Bei der Erwähnung der Beobachtung der Sonnenflecken durch Galilei hätte erwähnt werden sollen, daß die verschiedenen Bahnformen, welche diese Gebilde, von verschiedenen Stellen der Erdbahn betrachtet, beschreiben, einen direkten Beweis für den Lauf der Erde um die Sonne bilden, eine Entdeckung, deren Tragweite Galilei sehr wohl kannte.

Diese Ausstellungen sollen natürlich in keiner Weise den Wert des ausgezeichneten Buches schmälern, das in durchaus wissenschaftlichem Geiste geschrieben ist. Die Darstellung ist nicht nur klar und durchsichtig, sondern auch in hohem Grade anregend und fesselnd, so daß die Lektüre des Buches einen hohen geistigen Genuß gewährt. Vielfach wird auf die im ersten Bande veröffentlichten Auszüge aus den Originaluntersuchungen sowie auf Ostwalds Klassiker der exakten Wissenschaften hingewiesen. Die zahlreichen Citate der Quellen machen das Buch für jeden, der aus den Originalen schöpfen will, zu einer Fundgrube. Ein besonderer Schmuck auch dieses Bandes sind die zahlreichen meist nach den Originalwerken angefertigten Abbildungen. Ein ausführliches Personen-Register sowie ein Sachregister erleichtern die Auffindung einzelner Themen. Das Buch kann sowohl Schülern als Lehrern nicht genug empfohlen werden.

Dr. K. Haas (Wien).

Die optischen Instrumente der Firma R. Fuesss, deren Beschreibung, Justierung und Anwendung. Von C. Leifs. Mit 233 Holzschnitten im Text und 3 Lichtdrucktafeln. Leipzig, W. Engelmann, 1899. XIV u. 397 S. 11 M., geb. 12 M.

Die berühmten Fuessschen Werkstätten haben den meisten deutschen Forschern auf dem Gebiete der physikalischen Krystallographie die zu ihren Untersuchungen erforderlichen optischen Instrumente geliefert, dieses besonders gepflegte engere Arbeitsgebiet aber allmählich auch über seine Grenzen hinaus auf zahlreiche andere optische Apparate ausgedehnt. Der Leiter der 1. Abteilung der Fuessschen Werkstätten giebt in dem vorliegenden Buche eingehende und vollständige wissenschaftliche Beschreibungen der von der Firma hergestellten optischen Instrumente, denen er sehr dankenswerte Anleitungen für deren Prüfung, Gebrauch und Justierung nebst sorgfältigen Litteraturnachweisen hinzugefügt hat. Wenn auch diese Apparate in erster Linie für die Arbeiten in den Instituten und die Vorträge in den Hörsälen der Hochschulen bestimmt sind, so ist doch ein beträchtlicher Teil davon in hervorragendem Maße auch für den Unterricht an den höheren Lehranstalten geeignet. Es ist nur sehr zu beklagen, daß diese zumeist aus Mangel an Mitteln von einer Anschaffung absehen müssen und somit keinen einheimischen Markt für jene ausgezeichneten Erzeugnisse deutschen Gewerbfleißes bilden können. Von den Instrumenten, die für die Vorführungen und Übungen an den höheren Schulen in Betracht kommen, hebe ich besonders hervor: Sénarmonts Apparat zur Demonstration der Schmelzfiguren, Apparat zur Untersuchung der Wärmeleitung in Krystallen nach W. Voigt, pyroelektrischer Apparat nach Kundt, Apparate zur Demonstration der Doppelbrechung durch Biegung, Druck und Erhitzen, Goniometer, Apparate zur Demonstration der Erscheinungen der Doppelbrechung und Polarisation durch Kalkspat, Mikroskope, Lupenmikroskope, Lupen, Heliostaten, Kathetometer, Fühlhebelapparat für Untersuchungen der Ausdehnung fester Körper durch die Wärme und vor allen die Projektionsapparate und optischen Bänke. Das mit vollster Sachkenntnis geschriebene und trefflich ausgestattete Werk kann zur Anschaffung für die Bibliotheken der Vollenanstalten und der damit verbundenen Seminare auf das Wärmste empfohlen werden.

Hahn-Machenheimer.

Die Lehre vom Licht. Von Ewald Schurig, Seminaroberlehrer. Mit 44 Figuren im Text. Leipzig, Walter Möschke (Möschke & Schliephak) 1898. IV u. 90 S. 1,75 M.

Das Heft ist für Lehrer an Volksschulen geschrieben. Der Verfasser knüpft an die Erfahrungen des Kindes an, die er durch Versuche ergänzt. Nun folgen Erklärungen und die Aufstellung der Gesetze. Zur Vertiefung zieht er verwandte Erscheinungen heran. Das hierbei aufgestellte Nebenziel: „Gleichzeitig sollen die Kinder dabei ahnen lernen, daß alle unsere Wahrnehmungen durch Bewegung verursacht werden“, kann aber nicht energisch genug zurückgewiesen werden. „Das, was man Erklärung nennt“, sagt der Verfasser, „ist in den meisten Fällen eine einfache Darstellung des Vorganges beim Experiment“. Er hält dies für eine Halbheit, und hat daher den Versuch gemacht, die Erscheinungen des Lichtes unter Anknüpfung an die Lehre von den Atomen und vom Äther „wenigstens einigermaßen“ zu begründen. „Ich habe das Dasein des Äthers gleich im Anfange angenommen, ebenso die Richtigkeit der Wellentheorie des Lichtes, weil der Beweis hierfür über die Volksschule hinausgeht, dann aber versucht, die einfachen Erscheinungen nach dieser Annahme zu erklären.“ Dieser Versuch des Verfassers, die Wellentheorie des Lichtes in den Volksschulunter-

richt einzuführen, ist als vollkommen mißglückt zu bezeichnen; er hat sich durch seine Arbeit selbst wiederlegt. Für die Erklärung der Erscheinungen der sogenannten geometrischen Optik (sie bildet den wesentlichen Inhalt des Heftes) ist, soweit sie in der Volksschule behandelt werden können, diese Theorie belanglos, man kann daher die Begründungen des Verfassers einfach herausstreichen, ohne den inneren Zusammenhang zu zerstören. An den wenigen Stellen, wo die Wellentheorie zu einer tieferen Auffassung führt, hat sie der Verfasser nicht angewandt. Auf kleinere Fehler in den Thatsachen und in der Anordnung soll hier nicht eingegangen werden. Selbstständigen Wert hat das Heft in einigen sehr einfachen von dem Verfasser selbst ausgedachten Versuchen, die mit Vorteil auch in den Schülerübungen an höheren Lehranstalten ausgeführt werden können. Das wichtigste Werkzeug bei einfachen optischen Versuchen, die Stecknadel, hat jedoch der Verfasser nicht benutzt.

Hahn-Machenheimer.

Die Entwicklung der Chemie im 19. Jahrhundert. Vortrag, gehalten im Humboldtverein zu Breslau. Von Prof. Dr. Felix B. Ahrens. Stuttgart, F. Enke, 1900. 39 S. M. 1.

Die kleine aber inhaltreiche Schrift läßt in geschickter Anordnung alle wichtigen Erscheinungen des Werdeganges der Chemie im verflossenen Jahrhundert an uns vorüberziehen. Mit besonderer Sorgfalt finden sich die Marksteine der theoretischen Entwicklung gekennzeichnet. Nicht nur die reine Chemie, sondern auch die angewandte wird, zuweilen bis in spezielle technologische Prozesse hinein, verfolgt. Wertvoll ist auch, daß alle vorkommenden Namengebungen auf ihren ersten Autor zurückgeführt werden, beispielsweise die Ausdrücke Allotropie (Berzelius), kritische Temperatur (Andrews). Ein störender Druckfehler auf S. 9, einatomig statt einwertig, sei beiläufig erwähnt.

O.

Programm-Abhandlungen.

Die Auseinandersetzung zwischen der mechanischen und teleologischen Naturerklärung in ihrer Bedeutung für die Fortentwicklung des religiösen Vorstellens seit dem 16. Jahrhundert. Von Alfred Heubaum. Lessing-Gymnasium zu Berlin, Ostern 1900. Pr. No. 61. 24 S.

In dieser Abhandlung, die nur ein Fragment bildet, kennzeichnet der Verfasser die naturwissenschaftlichen Voraussetzungen der Neuzeit, die auf Kopernikus, Kepler, Galilei zurückzuführen sind; doch dürfte das Wesen des Naturgesetzes bei diesen dreien weniger mit dem Begriff der Kraft, als unmittelbar mit dem der Notwendigkeit in Zusammenhang zu setzen sein, eine Auffassung, zu der die neueste Physik mit Bewußtsein zurückgekehrt ist. Erst Newton hat dem Kraftbegriff die überwiegende Stellung zugewiesen, die er dann in der mechanischen Weltanschauung einnimmt. Der Verfasser schildert die Bemühungen, das Universum als mechanischen Zusammenhang darzustellen, und dabei doch dies Universum als einen vollendeten Zweckzusammenhang festzuhalten. Er geht insbesondere auf die Anschauungen von Descartes, Spinoza, Giordano Bruno ein. Das Ganze erscheint bei F. Frommann (E. Hauff) in Stuttgart unter dem Titel „Die Theodicee. Ihre geschichtliche Entwicklung seit dem 16. Jahrhundert.“

P.

Über die optischen Täuschungen. Von Dr. Karl Beucke. Mit einer Figurentafel. Königstädtisches Gymnasium zu Berlin, Ostern 1900. Pr. No. 59.

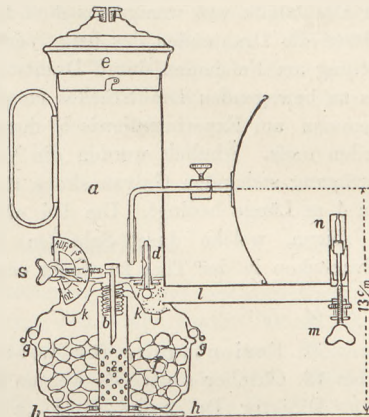
Der Verfasser macht den Versuch, eine schematische Einteilung und Übersicht der wichtigsten optischen Täuschungen zu geben. Nach der für diesen Zweck erforderlichen Abgrenzung des Begriffs der optischen Täuschung, sowie Auseinandersetzungen über das Zustandekommen der Wahrnehmung und der Anschauung des Objekts, werden zunächst solche Täuschungen unterschieden, bei denen die von dem Sinnesorgan gelieferte Wahrnehmung gefälscht ist. Diese eigentlichen Sinnestäuschungen werden als objektive bezeichnet. Ihnen gegenübergestellt werden die subjektiven Täuschungen, die entweder Täuschungen der Wahrnehmung oder solche des Urteils sein können; bei den ersteren findet ein unrichtiges Beziehen der Netzhauterregung auf die äußeren Ursachen statt, bei den letzteren sind Contrasttäuschungen, Entfernung- und perspektivische Täuschungen, geometrisch-optische Täuschungen und endlich Bewegungstäuschungen zu unterscheiden. Jeder dieser Fälle wird durch Beispiele, z. T. an beigegebenen Figuren erläutert. Insbesondere bei den geometrisch-optischen Täuschungen wird an die neulich von Lipps veröffentlichten Untersuchungen (vergl. ds. Heft S. 297) angeknüpft. Die dankenswerte Abhandlung, die manches Bekannte in neuer Beleuchtung erscheinen läßt, wird jedem Anregung und Belehrung gewähren.

P.

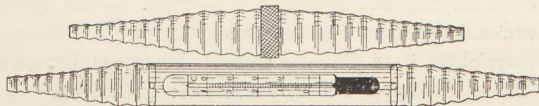
Mitteilungen aus Werkstätten.

Eine Acetylenlampe für Projektionsapparate haben die GEBR. MITTELSTRASS zu Magdeburg konstruiert. (*Deutsche Mech.-Ztg.* 1900, S. 36.) Die nebenstehende Figur stellt die 24 cm hohe Lampe im Durchschnitt dar. Die mit einer Skala versehene Schraube *s* regelt den Zufluss des Wassers aus dem Behälter *a* in das mit Calciumcarbid gefüllte Gefäß *f*. Das sich nun entwickelnde Gas wird gereinigt und strömt dann zu dem regulierbaren Brenner *n*. Der nach allen Seiten hin verstellbare Reflektor erhöht noch die Leuchtkraft der Lampe, die etwa 1½ Stunden mit einer Füllung brennt. Die Lampe, die etwa 150 Kerzen Lichtstärke hat, kostet mit allen Nebenapparaten 30 M.

H.-M



Ein Universalverbindungsstück für Schläuche, das die Firma C. Richter, Berlin NW., Thurmstr. 4, herstellt, beschreibt F. W. BRAUN in der *Deutschen Mech.-Ztg.* 1900, S. 67. Wie die Abbildung zeigt, besteht es aus beiderseits sich stufenförmig verjüngenden Schlauchansätzen. Die Stufen, die den Querschnitten der gebräuchlichen Patentschläuche angepasst sind, gestatten ein bequemes und sicheres Verbinden beliebiger Schläuche. Ein in der Mitte übergestreifter Gummiring schützt das Verbindungsstück, das in den verschiedensten Ausführungen hergestellt wird, gegen zu hartes Aufstoßen beim Niederlegen. Auch kann in dem Verbindungsrohr der Schlauchansatzstücke ein Thermometer zentrisch angeordnet werden, um bequem die Temperatur der durchströmenden Flüssigkeit abzulesen. Letzteres Modell wird unmontiert oder mit einem Holzgestell geliefert, das ein Hinhängen und Hinstellen erlaubt.



H.-M.

Ein vereinfachter Bunsenbrenner nach Allihn wird von der Firma Warmbrunn Quilitz & Co. in Berlin geliefert. Der Brenner ist bereits in der *Chemiker-Ztg.* 1899, No. 93 beschrieben und unterscheidet sich von der gewöhnlichen Form des Bunsenbrenners dadurch, daß das Leuchtgas von der Seite zum Brennerrohr zugeführt wird. Der Preis beträgt ohne Fuß M. 0,70, mit Fuß M. 0,80.

Ein elektrischer Kochapparat für den Laboratoriumsgebrauch wird von derselben Firma angezeigt. Er besteht aus einem Chamotte-Heizkörper und einem Dreifuß mit verstellbarem Untersatz. Die Erwärmung wird durch Drahtspiralen bewirkt, die vom Strom zum Glühen gebracht werden. 100 ccm Wasser erfordern 6 Minuten, um zum Sieden zu kommen. Der Preis ist M. 30.

Comprimierter Sauerstoff wird in den Sauerstoffwerken der Firma C. G. Rommenhüller, A.-G., in Herste bei Driburg (Westfalen), nach dem Kafsnerschen Verfahren hergestellt. Über die Darstellung vergleiche man d. *Zeitschr.* IV 46. Das Verfahren stellt sich bedeutend billiger als das von andern Fabriken angewandte Barymsuperoxydverfahren und liefert zugleich ein reineres Produkt (96–99% Sauerstoff). Der Preis stellt sich für 1 cbm in eigenen Flaschen auf M. 5, in Leihflaschen auf M. 8, frei ins Haus für Berlin und Vorort, für auswärts frei ab Herste in Westfalen. Das Centralbureau in Berlin befindet sich NW 5, Quitzowstr. 56–58.

Correspondenz.

Berichtigung. In der Abhandlung von Dr. Arnold Schmidt über das Foucaultsche Pendel (Heft 4 S. 206) ist auf S. 210 Z. 13 u. 14 bei $\angle OCD$ und $\angle OCC'$ der Faktor 2 hinzuzufügen.

Auf die Bemerkung des Herrn Professor Adami im Heft IV Seite 246 zu meinem Aufsatz in Heft III S. 129 ff. sei mir, um Mißverständnisse zu beseitigen, gestattet, folgendes zu erwidern:

Der Teil des Drahtes, durch dessen Auf- und Abbewegung die erdmagnetischen Kraftlinien geschnitten und damit Induktionsströme hervorgerufen werden, ist nicht 12 m, sondern, entsprechend den Dimensionen des Unterrichtszimmers, etwa 4 m lang. Für die Zuleitungen von den in meiner Arbeit auf S. 131 erwähnten, am Experimentiertisch befindlichen Galvanoskop-Klemmen zu den „zwei Punkten etwa des Fußbodens“, zwischen denen jener Draht von 4 m Länge ausgespannt ist, ist ein Drahtstück von wenigstens 4 m Länge (beiderseits mindestens 2 m) erforderlich und außerdem müssen die Drahtenden des beim Versuch zu bewegenden Drahtes mit jenen festen Punkten der Leitung am Fußboden durch Drahtstücke von nahezu je 2 m verbunden sein, damit die Bewegung des zu bewegenden Drahtstückes möglich ist, so daß ich allerdings für den erwähnten Versuch die Klemmen am Experimentiertisch durch einen Draht von im ganzen wenigstens 12 m Länge verbinden muß. Ähnlich werden die Verhältnisse immer liegen, wenn die Empfindlichkeit des zur Verfügung stehenden Galvanoskops für diesen Versuch eine Drahtlänge des zu bewegenden Drahtes von 4 m Länge bedingt. Um bei einer Drahtlänge von 80–100 cm die Induktionsströme deutlich zu zeigen, welche durch Scheiden der erdmagnetischen Kraftlinien entstehen, ist mein Reflexgalvanoskop in der That zu wenig empfindlich.

Dr. O. Ehrhardt. Karlsruhe.

X. Ferienkursus für Lehrer höherer Schulen zu Berlin. Der Kursus findet vom 3. bis 13. Oktober statt. Es werden folgende Vorträge gehalten werden:

Direktor Dr. Schwalbe: „Über die historische Entwicklung und Bedeutung der naturwissenschaftlichen Ferienkurse“ (Eröffnungsvortrag 1 St.). — Professor Dr. Rubens: „Über den Einfluß der verschiedenen Strahlengattungen (Bequerel-Strahlen, Röntgen-Strahlen, ultraviolettes Licht u. s. f.) auf elektrische Entladungen“ 2 St. — Professor Dr. van 't Hoff: „Die Stafsfurter Salzvorkommenisse vom physikalisch-chemischen Standpunkte“ 2–3 St. — Professor Dr. Warburg: „Über magnetische Hysterese.“ 1–2 St. — Dr. Spies: „Über flüssige Luft mit Rücksicht auf ihre Verwendbarkeit zu Schulversuchen“ 2 St. — Professor Dr. Poske: „Zur Methodik des physikalischen Unterrichts“ 3–4 St. — Geh.-R. Professor Dr. von Bezold: „Zur Theorie des Erdmagnetismus“ 3 St. — Professor Dr. Szymański: „Schulversuche über elektrische Wellen“ 3–4 St. — Geh.-R. Professor Dr. Slaby: „Die Telegraphie ohne Draht, mit Demonstrationen“ 2 St. — Geh.-R. Professor Dr. Schwendener: a) „Die Flugapparate der Früchte und Samen“, b) „Das Winden und Klettern der Pflanzen“ 2 St. — Geh.-R. Professor Dr. Möbius: „Bau und Lebensweise der Cetaceen unter Erklärung der in der Schausammlung des Museums für Naturkunde aufgestellten anatomischen und biologischen Präparate“ 2 St. — Professor Dr. Wahnschaffe: „Über die Endmoräne Norddeutschlands“ 1 St. — Dr. Potonié: „Über die durch Pflanzenfossile gegebenen Belege für die fortschreitende, höhere Organisation der Pflanze“ 1–2 St.

Besichtigungen der im Dorotheenstädtischen R.-G. veranstalteten Ausstellung botanischer, zoologischer und geographischer Lehrmittel; der Schulsammlungen des Dorotheenstädtischen Realgymnasiums; des physikalischen, elektrotechnischen und maschinentechnischen Laboratoriums der Königlichen technischen Hochschule zu Charlottenburg; der mechanisch-technischen Versuchsanstalt sowie der physikalisch-technischen Reichsanstalt zu Charlottenburg; des neuen chemischen Instituts der Universität; der alten Urania (Invalidenstrasse 57–62) und der daselbst für physikalische und biologische Kurse getroffenen Veranstaltungen; des Museums für Naturkunde; der Königlichen Bergakademie und geologischen Landesanstalt, u. a.

Den Schluß bildet eine 1½ tägige geologische Exkursion nach Feldberg in Mecklenburg unter Führung des Königlichen Landesgeologen Professors Dr. Wahnschaffe.

Ferienkursus für Lehrer höherer Schulen zu Frankfurt a. M. Der Kursus findet statt in der Zeit von Montag den 1. bis Samstag den 13. Oktober und umfaßt:

1. Physikalische Vorlesungen: Dr. H. Th. Simon, Neuere physikalische Demonstrationen über strahlende Energie und ihre Gesetze (4 St.); Lichtelektrische Erscheinungen und Ionenleitung in Gasen (4 St.); Entwicklung der Induktionsapparate und Stromunterbrecher (2 St.); Vorführung neuerer Modelle und Schulversuche (2 St.). — 2. Elektrotechnische Vorlesungen: Dr. C. Déguisne, Elemente der Wechselstromtechnik (7×2 St.). Ingenieur Eugen Hartmann, Über die den elektrischen Strommessern zu Grunde liegenden Konstruktionsprinzipien (4 St.). — 3. Chemische Vorlesungen: Professor Dr. M. Freund, Über die neueren physikalisch-chemischen Theorien; van t'Hoffs Theorie der Lösungen; Theorie der elektrolytischen Dissoziation von Arrhenius; osmotische Theorie des Stromes der Voltaschen Ketten (6 St.); Über die Entdeckung neuer Elemente im letzten Jahr-

zehnt (2 St.). Professor Dr. Le Blanc, Elektrische Endosmose und verwandte Erscheinungen (1 St.); Über die Bildungsgeschwindigkeit von Ionen (1 St.). — 4. Einleitende Besprechung der Exkursionen von den betreffenden Herren Dozenten. — Herr Oberlehrer Dr. Schauf, Chemische und physikalische Beschaffenheit der Laven. Oberflächenstruktur der Ströme. Die Steinheimer Anamesitdecken (1 St.). — 5. Elektrotechnisches Praktikum, Herr Dr. C. Déguisne. — 6. Exkursionen. Geologische Exkursionen nach Klein-Steinheim und Dittersheim. Ferner Besichtigungen von Gold- und Silberscheideanstalt, Elektrotechnische Fabrik von Hartmann & Braun, Werke der Elektrizitäts-Aktien-Gesellschaft vorm. W. Lahmeyer & Co. u. a. — 7. 2 Stunden bleiben frei für Mitteilungen und Demonstrationen der Teilnehmer. Zu weiterer Auskunft sind Realschuldirektor Dr. Paul Bode und Oberlehrer Dr. Wilhelm Boller bereit.

Bei der Redaktion eingegangene Bücher und Schriften.

H. A. Lorentz, Lehrbuch der Differential- und Integralrechnung und der Anfangsgründe der analytischen Geometrie, übers. von Prof. Dr. G. C. Schmidt. Leipzig, Joh. Ambr. Barth, 1900, M. 10. — **Heinr. Weber**, Die partiellen Differentialgleichungen der mathematischen Physik, nach Riemanns Vorlesungen in 4. Aufl. neu bearbeitet. I. Band. Braunschweig, Fr. Vieweg & Sohn, 1900. — **J. J. Thomson**, Die Entladung der Elektrizität durch Gase, aus d. Engl. übersetzt von Dr. P. Ewers, mit Vorwort von Dr. H. Ebert. 41 Textfiguren. Leipzig, Joh. Ambr. Barth, M. 4,50. — **W. L. Hardin**, Die Verflüssigung der Gase, geschichtlich entwickelt, übersetzt von Dr. J. Traube. Mit 42 Abb. Stuttgart, Ferdinand Enke, 1900. M. 6. — **Ostwalds Klassiker**, No. 110: J. van't Hoff, Die Gesetze des chemischen Gleichgewichts. M. 1,60. — No. 111: N. H. Abel, Abhandlung über eine besondere Klasse algebraisch auflösbarer Gleichungen. M. 0,90. — No. 112: A. L. Cauchy, Abhandlung über bestimmte Integrale zwischen imaginären Grenzen. M. 1,25. — No. 113: Lagrange und Cauchy, Zwei Abhandlungen zur Theorie der partiellen Differential-Gleichungen 1. Ordnung, M. 1. — **W. Nerust**, Theoretische Chemie, 3. Aufl. Stuttgart, Ferdinand Enke, 1900. M. 16. — **L. Duparc, E. Degrange, A. Monnier**, Traité de chimie analytique qualitative, Genève (H. Kundig), Paris (F. Alcan), 1900. — **J. Biehringer**, Einführung in die Stöchiometrie, für Studierende und Chemiker, Braunschweig, Fr. Vieweg & Sohn, 1900. — **G. W. A. Kahlbaum**, Friedr. Wöhler, Ein Jugendbildnis in Briefen an H. v. Meyer. Leipzig, Joh. Ambr. Barth, 1900. M. 2,40. — **E. Dreher**, Die Grundlagen der exakten Naturwissenschaft im Lichte der Kritik. Mit dem Bildnis des Verf., einer Biographie und einem Anhang. Dresden, Apollo-Verl., 1900. — **F. Klein und E. Riecke**, Über angewandte Mathematik und Physik in ihrer Bedeutung für den Unterricht an den höheren Schulen. Leipzig, B. G. Teubner, 1900. — **Ad. Wernicke**, Lehrbuch der Mechanik, in elementarer Darstellung, mit Anwendungen und Übungen. I. Mechanik fester Körper von Dr. Alex Wernicke, 4. umgearb. Auflage, 1. Abteilung. II. Flüssigkeiten und Gase, von Rich. Vater, 3. umgearb. Aufl. Braunschweig, Fr. Vieweg & Sohn, 1900. — **Körner**, Lehrbuch der Physik. Für höhere Lehranstalten bearb. von Dr. Alb. Richter (Wandsbek), Leipzig u. Wien, Franz Deuticke, geb. M. 6. — **E. Mach**, Grundriss der Naturlehre f. d. unteren Klassen der Mittelschulen, Ausg. für Realschulen von Dr. K. Habart, 3. Aufl. Wien und Prag, F. Tempsky, 1900, geb. Kr. 2,30. — **F. v. Hemmelmayr u. K. Brunner**, Lehrbuch der Chemie und Mineralogie für die 4. Klasse der Realschulen. Wien und Prag, F. Tempsky, 1900, geb. Kr. 2,40. — **J. Rufsner**, Elementare Experimentalphysik für höhere Lehranstalten. I. Teil, Mechanik fester Körper. Hannover, Gebr. Jänecke, 1900. M. 3,60. — **E. Jochmann**, Grundriss der Experimentalphysik und Elemente der Chemie u. s. w. 14. vollständig neu bearbeitete Auflage, herausgeg. von O. Hermes und P. Spies. Berlin, Winkelmann & Söhne, 1900. — **K. Koppe**, Anfangsgründe der Physik, Ausg. B. I. Teil: Vorbereitender Lehrgang. 24. Auflage. II. Teil: Hauptlehrgang, 22. Auflage, bearbeitet von A. Husmann. Essen, G. D. Bädeker, 1900. — **J. M. Eder**, Jahrbuch der Photographie und Reproduktionstechnik für das Jahr 1900. XIV. Jahrgang, mit 260 Abbild. und 34 Kunstbeilagen. Halle a. S. Wilhelm Knapp, 1900. M. 8. —

Sonderabdrücke: Die Mondphasen und das Osterfest im Jahrhundert „19“. Von M. Koppe. S. A. Himmel und Erde, 1900. — Die Zonenplatte von Soret und die Phasenumkehrplatte von Wood als Ersatz der Linse; Anwendungen derselben in der Photographie von L. Pfaundler. S. A. Eders Jahrbuch, 1900.

Himmelserscheinungen im Oktober und November 1900.

☾ Mond, ♀ Merkur, ♀ Venus, ♂ Erde, ☉ Sonne, ♂ Mars,
♃ Jupiter, ♄ Saturn. — ♄ Conjunction, □ Quadratur, ♂ Opposition.

Monatstag	Oktober						November						
	2	7	12	17	22	27	1	6	11	16	21	26	
Helio- centrische Längen.	234 ^o	248	261	275	290	306	323	343	6	33	64	95	♀
	63	71	79	87	95	103	111	119	127	135	144	152	♀
	9	14	19	24	29	34	39	44	49	54	59	64	♁
	88	90	93	95	98	100	102	105	107	109	112	114	♂
	256	257	257	257	258	258	259	259	259	260	260	261	♃
	275	275	275	275	275	276	276	276	276	276	276	276	♄
Aufst.-Knoten.	245	244	244	244	244	243	243	243	243	242	242	242	☾
Mittl. Länge.	293	359	65	131	197	263	329	35	101	166	232	298	☾
Geo- centrische Rekt- ascensionen.	287	356	71	138	194	256	323	34	109	168	226	294	☾
	201	208	215	221	228	234	239	243	244	241	234	229	♀
	146	151	156	162	167	172	178	183	189	194	200	206	♀
	188	193	197	202	207	211	216	221	226	231	236	242	☉
	126	129	132	135	137	140	143	145	148	150	152	154	♂
	245	246	247	248	249	250	251	252	253	255	256	257	♃
	269	269	270	270	270	271	271	272	272	273	273	274	♄
Geo- centrische Dekli- nationen.	- 19	+ 3	+ 21	+ 11	- 10	- 21	- 9	+ 16	+ 19	- 0	- 19	- 18	☾
	- 9	- 12	- 15	- 18	- 20	- 22	- 23	- 24	- 23	- 22	- 18	- 16	♀
	+ 13	+ 12	+ 10	+ 8	+ 6	+ 4	+ 2	+ 0	- 2	- 4	- 6	- 9	♀
	- 3	- 5	- 7	- 9	- 11	- 13	- 14	- 16	- 17	- 19	- 20	- 21	☉
	+ 21	+ 20	+ 19	+ 19	+ 18	+ 17	+ 16	+ 16	+ 15	+ 14	+ 14	+ 10	♂
- 21	- 21	- 21	- 21	- 22	- 22	- 22	- 22	- 22	- 22	- 22	- 23	♃	
- 23	- 23	- 23	- 23	- 23	- 23	- 23	- 23	- 23	- 23	- 23	- 23	- 23	♄
Aufgang.	18 ^h 5 ^m	18.14	18.23	18.32	18.41	18.50	18.59	19.9	19.18	19.27	19.36	19.44	☉
	2 ^h 17 ^m	4.31	7.38	13.8	18.38	23.35	1.44	3.54	8.36	14.15	19.42	23.23	☾
Untergang.	5 ^h 34 ^m	5.23	5.11	5.0	4.49	4.39	4.29	4.20	4.12	4.4	3.58	3.52	☉
	11 ^h 7 ^m	18.2	24.18	2.29	4.2	6.51	12.44	19.43	24.6	1.30	3.23	7.59	☾
Zeitglg.	- 10 ^m 33 ^s	- 12.3	- 13.24	- 14.32	- 15.25	- 16.1	- 16.19	- 16.17	- 15.55	- 15.11	- 14.5	- 12.40	☉

Daten für die Mondbewegung (in mitteleuropäischer Zeit):

Oktober 1	10 ^h 11 ^m	Erstes Viertel	November 5	5 ^h	Mond in Erdnähe
7	19	Mond in Erdnähe	6	12	0 ^m Vollmond
8	2	18 Vollmond	13	15	38 Letztes Viertel
14	22	51 Letztes Viertel	17	8	Mond in Erdferne
20	20	Mond in Erdferne	21	20	17 Neumond
23	2	27 Neumond	29	6	35 Erstes Viertel
23	21	18 Erstes Viertel			

Aufgang der Planeten. Okt. 16 ♀ 20^h 35^m ♀ 14.14 ♂ 11.29 ♃ 22.51 ♄ 0.30
Nov. 15 20.32 15.33 10.58 21.25 22.43

Untergang der Planeten. Okt. 16 5.29 3.54 3.7 6.54 8.13
Nov. 15 4.28 3.1 1.44 5.16 6.26

Constellationen. Oktober 9 23^h ♃ im Aphelium; 16 17^h ♂ ♂ ☾; 19 8^h ♀ ♂ ☾; 25 4^h ♃ ♂ ☾; 26 13^h ♄ ♂ ☾; 28 2^h ♄ ♂ ☾; 29 17^h ♃ in größter östlicher Elongation von 24^o. — November 12 19^h ♀ im Perihel; 14 6^h ♂ ♂ ☾; 18 14^h ♀ ♂ ☾; 20 1^h ♃ untere ♂ ☾, wird Morgenstern; 21 20^h ♂ ☾ ☾; 21 ringförmige Sonnenfinsternis, in Europa unsichtbar; 22 22^h ♃ im Perihel; 23 6^h ♃ ♂ ☾; 24 13^h ♄ ♂ ☾.

Jupitermonde. Oktober 22 5^h 51^m III A; nur unter sehr günstigen Umständen zu beobachten; 30 5^h 4^m I A, desgleichen. Im Übrigen sind in dieser Zeit wegen der nahen Konjunktion (Nov. 23) keine Beobachtungen an den ♃-Satelliten zu machen.

Veränderliche Sterne. Die Beobachtungsbedingungen sind, vom Wetter abgesehen, im ganzen nicht ungünstig, da fast alle helleren Veränderlichen zu bequemen Stunden in geeigneter Höhe stehen. Vergleiche die vorigen Notizen mit Rücksicht auf die Acceleration. Algols-Minima treten ein Okt. 6 16^h, 9 13^h, 12 10^h, 15 6^h, 26 18^h, 29 14^h; Nov. 1 11^h, 4 8^h, 7 5^h, 15 19^h, 18 16^h, 21 13^h, 24 10^h, 27 7^h.

Meteore und Zodiakallicht. Das Zodiakallicht ist an den mondfreien Morgen im Oktober gegen 16^h am Osthimmel aufzufinden. Die Sichtbarkeit des Oktoberschwarms der Sternschnuppen wird durch Abwesenheit des Mondlichtes begünstigt. Ob die Leoniden (Nov. 14–16) und Andromediden (Nov. 23) reichlich ausfallen, ist noch nicht zu sagen.
J. Pfafsmann, Münster.

Nachdruck nur mit Quellenangabe und mit Genehmigung der Verlagshandlung gestattet.