

Mitteilungen über Schulversuche.

Von

Professor Dr. B. Schwalbe und Dr. R. Lüpke in Berlin.

(Schluss.)

5. Einige Versuche über Wärmeleitung der Gase und Flüssigkeiten.

Die verschiedene Wärmeleitungsfähigkeit der Gase folgt schon aus den Abkühlungsversuchen von DULONG und PETIT, die bemerkten, dass erlitzte Körper in Wasserstoffgas schneller erkalten als in atmosphärischer Luft. Auch die GROVE'sche Beobachtung, dass ein durch einen constanten Strom in Luft zum Glühen gebrachter Platindraht in Wasserstoff dunkel bleibt, thut die verschiedene Wärmeleitungsfähigkeit der Gase dar. Die Apparate, die für den letzten Versuch benutzt werden, bestehen gewöhnlich in Cylindern, welche die über Quecksilber abgesperrten Gase enthalten. In den Cylindern befinden sich in dieselbe Leitung eingeschaltet gleich starke und lange Platindrähte. Ist in dem einen Cylinder Kohlensäure, in dem andern Wasserstoff, und schiebt man einen allmählich stärker werdenden Strom hindurch, so kommt zuerst der in Kohlensäure befindliche Draht ins Glühen. (MÜLLER-PFAUNDLER, *Bd. II, S. 541.*)

WEINHOLD ändert den Versuch so ab, dass er eine an beiden Enden mit Korken geschlossene ziemlich weite Röhre, die durch einen dritten Kork in zwei Abteilungen geteilt ist, benutzt. Durch den mittleren Kork geht ein Stückchen Kupferdraht, das mit den durch die äusseren Korke hindurchragenden Kupferdrähten durch gleich lange und starke Platindrähte in Verbindung stellt. Füllt man die eine Abteilung mit Wasserstoff, während die andere mit Luft gefüllt ist, so kommt in der ersten beim Durchleiten eines Stroms der Platindraht nicht zum Glühen, während dies in der anderen Abteilung eintritt. (WEINHOLD, *Demonstrationen, S. 449.*)

VON THIAN (*Ber. d. chem. Ges. 1879, S. 1411*) hat diesen Versuch dahin abgeändert, dass er durch einen Kork zwei parallele Kupferdrähte isoliert befestigt, zwischen deren Enden sich ein dünner Platindraht befindet, während die andern Enden mit den Polen einer Batterie von 2—3 Elementen in Verbindung stehen. Der dünne Platindraht kommt ins Glühen, und stülpt man einen mit Wasserstoff gefüllten Cylinder über den Draht, so entzündet sich das Gas, das Glühen hört aber auf, wenn man den Cylinder allmählich über die Drähte herabsenkt; entfernt man den Cylinder, so tritt das Glühen wieder ein.¹⁾

Der letzte Versuch lässt sich, ohne dass der Wasserstoff sich entzündet, zweckmässig in folgender Weise umändern. Man nimmt einen gewöhnlichen unten sich

¹⁾ VON THIAN benutzt diese Vorrichtung auch, um das verschiedene Leitungsvermögen fester Körper zu zeigen, indem er Stäbchen von Zink, Eisen, Kohle, Glas, Schwefel, Phosphor etc. in den Kreis der Batterie einschaltet; bei guten Leitern wird der in Luft befindliche Draht glühend, bei den schlechten aber nicht.

ausbauchenden Lampencylinder (Figur 1), dessen offene Enden durch Korke verschlossen werden. Der untere Kork besitzt zwei Durchbohrungen; durch die eine, mittlere (*D*) geht ein Stück Glasrohr, in das zwei isolierte Kupferdrähte eingekittet sind. Die hineinragenden Enden sind etwas aus einander gebogen, zwischen den metallischen Enden findet sich ein Stück von dünnem Platindraht, 2—3 cm lang, das durch den Strom eines gewöhnlichen frischen Flaschenelements in Luft grade zum Glühen gebracht wird. In der anderen Durchbohrung des unteren Korks befindet sich das Zuleitungsrohr (*A*) für Kohlensäure, die aus einem Kippischen Apparat beliebig zugeführt werden kann.

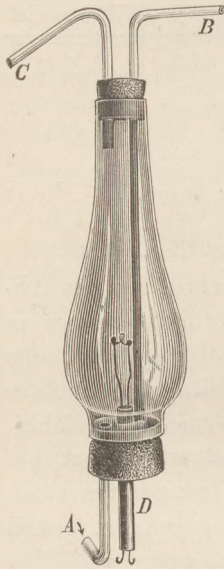


Fig. 1. ($\frac{1}{2}$ nat. Gr.)

Der obere Kork ist mit dem Zuleitungsrohr (*B*) für Wasserstoff, das bis auf den Boden geht, versehen, während das zweite Rohr (*C*) den Gasen Austritt gestattet. Man schliesst den Strom, so dass der Draht in Luft grade zum Glühen kommt und führt zuerst Kohlensäure hinzu, wodurch für später jede Bildung von Knallgas ausgeschlossen bleibt, man bemerkt ein helleres Glühen als in Luft, da die Kohlensäure schlechter leitet. Ist der ganze Apparat mit Kohlensäure gefüllt, so leitet man Wasserstoff hinzu und bemerkt, dass das Glühen nach und nach abnimmt und schliesslich verschwindet. Durch abwechselndes Schliessen und Öffnen der betreffenden Zuleitungshähne kann man die Erscheinung wechseln lassen, auch kann man nach Schliessen der oberen Öffnung *C* den Apparat lange Zeit mit dem betreffenden

Gase gefüllt erhalten.

Auf den DULONG-PETIT'schen Versuch lässt sich die Methode zurückführen, welche MAGNUS benutzte, um die verschiedene Leitungsfähigkeit der Gase darzuthun. Er benutzte ein Thermometer, dessen Kugel sich in einem geschlossenen Glasrohr befand. In dieses Umhüllungsrohr konnten verschiedene Gase geleitet werden. Diesen Apparat tauchte er in heisses Wasser und beobachtete die Zeit, welche das Quecksilber des Thermometers brauchte um in verschiedenen Gasen um dasselbe Intervall zu steigen; je besser die Leitungsfähigkeit, desto kürzer die Zeit. KUNDT hat später (*Wiedemanns Annalen II, 384*) einen sehr zweckmässigen Apparat angegeben, der die verschiedene Leitungsfähigkeit der Gase einem grösseren Zuschauerkreise sichtbar macht. Der Apparat besteht im wesentlichen aus einem weiteren Umhüllungsrohr, in das ein Ätherindikator (ein mit Äther z. T. gefülltes verschlossenes Reagenzglaschen mit kurzem Ausströmungsrohr) eingeschmolzen ist¹⁾. Der Zwischenraum ist mit Luft, Wasserstoff, oder Kohlensäure, dauernd gefüllt. Werden die Apparate gleichzeitig in warmes Wasser gehalten und zündet man den entweichenden Ätherdampf an, so zeigt die grössere Höhe der Flamme des Indikators, der von Wasserstoff umgeben ist, die bessere Wärmeleitungsfähigkeit dieses Gases, während die Flamme des mit Kohlensäure umhüllten Rohres am kleinsten bleibt. Auch zeigt sich, dass ein mit verdünntem Wasserstoff gefüllter Apparat dieselbe Flammenhöhe giebt, wie der unter gewöhnlichem Drucke gefüllte, wodurch die Unabhängigkeit der Wärmeleitung vom Druck demonstriert wird. Der KUNDT'sche

1) Die lichte Weite eines Flammenröhrchens ist 4 mm; es ist nach unten schräg abgeschliffen und ragt kaum 1 cm aus dem Korke des Reagenzglaschens mit Äther empor. Auch dieses Glaschen darf nicht weit aus dem Korke herausragen. Ist die Röhre zu eng oder zu lang, so tritt leicht eine Condensation von Äthertröpfchen ein, sodass die Flamme momentan erlischt.

Apparat, der von Geissler in Bonn angefertigt wurde, hat den grossen Vorzug, dass er jederzeit anwendbar ist, er lässt sich aber nicht gut durch den Lehrer selbst herstellen. Eine geringe Umänderung ermöglicht dies, ohne den bequemen Gebrauch wesentlich zu beeinträchtigen. Man nimmt ein weites Reagenzglas, das durch einen Kork verschlossen wird (Fig. 2); durch die mittlere Durchbohrung geht das Ätherindikatorrohr $A(A_1)$, dessen Einrichtung aus der Zeichnung ersichtlich ist und das von den Wandungen des äusseren Gefässes gleich weit abstehen muss; auch muss die Beschickung mit Äther bei den Apparaten die nämliche sein. Seitlich von der mittleren, weiteren Durchbohrung finden sich zwei engere, durch die eine $B(B_1)$ geht ein Gas zuleitungsrohr bis auf den Boden, während durch das andere $C(C_1)$ das Gas abgeleitet werden kann. Zwei oder mehrere dieser Apparate werden gleichzeitig in ein Becherglas mit warmem Wasser (50°) gesenkt, indem zugleich durch I Kohlensäure, durch II Wasserstoff geleitet wird. Nach dem Anzünden ist die Flamme des mit Wasserstoff umgebenen Indikatorrohres bedeutend höher. Die Ableitungsröhren können mit einem Stückchen Glasstab, das in einen kurzen Gummischlauch gesteckt wird, geschlossen werden, und wenn die Apparate auch von den Gasentwicklungsapparaten (am bequemsten Kippsche Apparate) abgesperrt werden, so ist der Versuch entsprechend der von KUNDT angegebenen Methode.

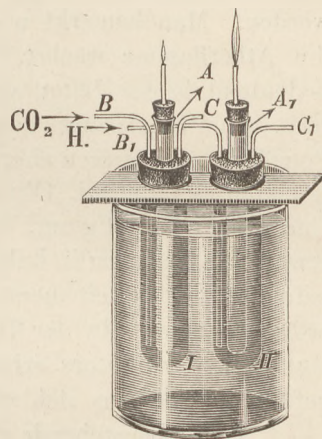


Fig. 2. ($\frac{1}{5}$ nat. Gr.)

Die Ätherindikatorröhren lassen sich vielfach verwenden um Wärmeentwicklung einem grössern Kreise sichtbar zu machen. Man benutzt dazu dünnwandige Reagenzgläser oder an einer Seite zugeschmolzene dünnwandige Glasröhren, die mit wenig Äther (3—5 ccm) beschickt werden. Will man vergleichende Versuche anstellen, so müssen die Röhren und die Ätherbeschickungen gleich beschaffen sein. Das freie Ende der Röhre wird gewöhnlich mit einem Kork und kurzem Ausströmungsrohr geschlossen oder bleibt ganz frei; der Ätherdampf brennt schon bei gewöhnlicher Temperatur mit mattblauer kleiner Flamme, die sich dann schnell vergrössert, wenn der Apparat mit einer Wärmequelle in Berührung gebracht wird; schon das Erwärmen mit der Hand genügt, um die Flamme stärker werden zu lassen. Bequem lässt sich mit diesem Hilfsmittel nachweisen: die Wärmeentwicklung, die beim Mischen von Wasser und Schwefelsäure, oder beim Mischen anderer Flüssigkeiten entsteht, die frei werdende Wärme beim Erstarren des überschmolzenen unterschwefligsauren oder essigsäuren Natrons, die stärkere Absorption einer berussten Fläche, indem gleichzeitig ein berusstes und ein nicht berusstes Röhrchen derselben Strahlung ausgesetzt werden. In vielen Fällen lässt sich auch sehr bequem eine manometrische Methode zur Demonstration benutzen, indem die Erwärmung auf Luft übertragen wird, die mit einem U förmigen zweiseitenkligen Manometerrohr in Verbindung steht, in welchem sich eine leicht bewegliche gefärbte Flüssigkeit befindet (vgl. A. W. HOFMANN, *Ber. d. chem. Ges.* 1869, S. 256—257).

Der für Wärmeleitung der Gase benutzte Apparat lässt sich mit geringen Umänderungen anwenden um zu zeigen, dass verschiedene Flüssigkeiten verschieden gut leiten. Die nach messenden Methoden erhaltenen Resultate (WEBER, *Fortschritte d. Physik* 1880, S. 693; GRÄTZ, *Wiedem. Ann.* XVIII, 79—94, *Fortschritte d. Physik* 1883, S. 468) weichen ziemlich von einander ab, namentlich in Beziehung auf die Salz-

lösungen, und es ist selbstverständlich, dass die im Folgenden beschriebenen Versuche nur den Nachweis der verschiedenen Wärmeleitungsfähigkeit und einen ungefährten Anhalt über die Grösse derselben geben sollen. Die Gläschen, von denen mehrere gleichzeitig an einem Brettchen zum Einsenken in warmes Wasser befestigt sind, besitzen für diese Versuche ausser dem Ätherindikator nur eine kurze vertikale Ansatzröhre, die Gläschen werden mit der zu untersuchenden Flüssigkeit bis zu der Höhe gefüllt, bis zu welcher die Gläschen in das warme Wasser getaucht werden. Man bemerkt nun, dass je besser die Flüssigkeit leitet, desto schneller die Ätherflamme wächst. So kann man deutlich zeigen, dass das Quecksilber bedeutend besser leitet als das andere flüssige Element Brom, dass das Wasser resp. eine Salzlösung besser leitet als organische Flüssigkeiten wie Glycerin, Petroleum, von diesen aber wieder letzteres bedeutend besser als ersteres, und ebenso lassen sich Benzol, Olivenöl etc. untersuchen. Der Versuch enthält noch dadurch eine schöne Bestätigung, dass umgekehrt bei dem Eintauchen der durch das Bad erwärmten Gläschen in kaltes Wasser die Ätherflamme des Gläschens mit der besser leitenden Flüssigkeit zuerst, die mit der am schlechtesten leitenden Flüssigkeit zuletzt erlöschen muss. In der That ist dies der Fall, die Ätherflamme des in Quecksilber tauchenden Indicators erlischt sehr schnell, während die Flamme des mit Glycerin gefüllten Gläschens sich viel langsamer verkleinert.

Die nebenstehende graphische Tabelle (Fig. 3) giebt einen Überblick über die

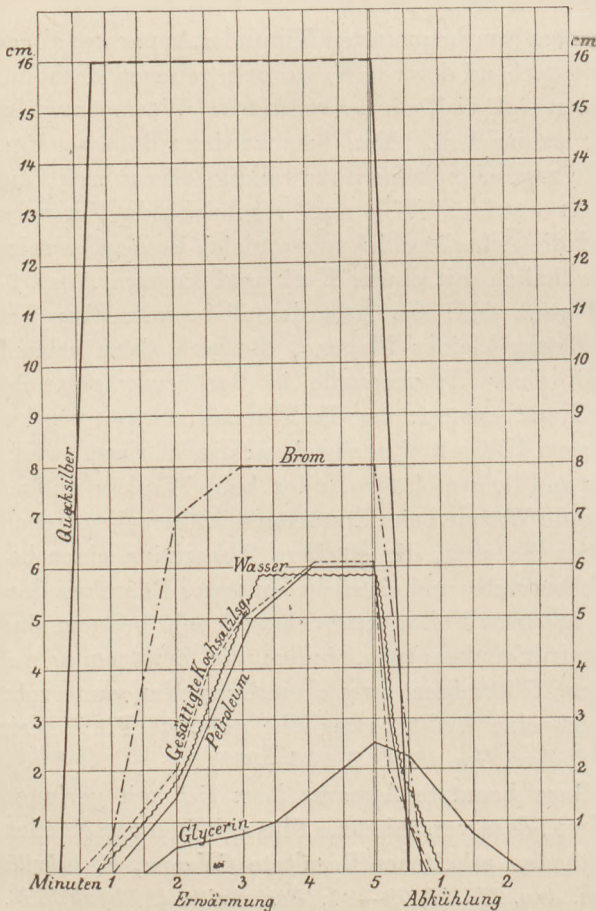


Fig. 3.

Versuche. In das innere Reagenzglas wurden genau 2 cem Äther gebracht und die zurückbleibenden Äthermengen wurden gemessen. Die Temperatur des Wasserbades betrug 55° , der Apparat blieb stets 5 Minuten im Wasserbad und wurde dann in Wasser von 15° getaucht. Bei Anwendung des Quecksilbers steigt die Ätherflamme schon nach 1 Minute auf ca. 16 cm Höhe, die Äthermenge reicht für 5 Minuten nicht aus und es wurde deshalb dieser Apparat schon nach 2 Minuten ins kalte Wasser gesetzt. Die verbrauchten Äthermengen waren nach 5 Minuten 1,2 cem beim Wasser, Kochsalz und Petroleum, 0,8 cem beim Glycerin und 1,75 cem beim Brom. Im Übrigen ist die graphische Darstellung durch sich verständlich.

Praktisch dürfte es sein, wenn man folgende Combinationen wählt: Brom und Quecksilber und je drei Gläschen mit Wasser, Kochsalzlösung und Glycerin. Dass

die Ätherbeschickungen gleich sein und die Röhren denselben Abstand von der Gefässwandung haben müssen, ist hier so gut wie oben erforderlich. Um mit Sicherheit Verschiedenheiten in der Leitungsfähigkeit verschiedener Salzlösungen nachzuweisen ist dieser Apparat nicht empfindlich genug, auch solche Fragen, ob verschiedene Salzlösungen (Chlornatrium und Kupferchloridlösung) mit äquivalenten Mengen Metall Verschiedenheit der Leitung zeigen, sind nicht so einfach zu beantworten.

Der Process der Wärmeleitung in Flüssigkeiten und Gasen ist sehr compliciert und es findet Wärmeübertragung auch wohl durch Strömung, bei den Gasen auch noch durch Strahlung statt; auch kommt dabei wesentlich die specifische Wärme der leitenden Körper in Betracht; hält doch TYNDALL die Wärmeleitung der Gase durch die MAGNUS'schen Versuche (also auch durch ähnliche) überhaupt nicht für erwiesen. Wenn der Raum zwischen Ätherrohr und Wandung nicht zu weit ist, so werden die Strömungen auch bei Flüssigkeiten ziemlich beschränkt sein. Ob sich nicht hier die Versuche zu messenden umgestalten lassen, indem mit entsprechenden Umänderungen des Apparats anstatt des Ätherindikators ein Luft- resp. Wasserstoffthermometer mit cylindrischem Gefäss eingesenkt wird, würde besonderen Versuchen vorbehalten sein müssen. Der bedeutende Unterschied, wie ihn Brom und Quecksilber, Wasser und Glycerin zeigen, dürfte sich jedenfalls zum Demonstrationsexperiment empfehlen. Dieser Unterschied macht sich schon äusserlich durch das Gefühl merklich, indem beim Eintauchen der Hand in Quecksilber dasselbe uns kühler erscheint als Glycerin, ähnlich wie von verschiedenen festen Körpern uns die am besten leitenden am kältesten erscheinen.

Um den kleinen Apparat zur Demonstration der Ausdehnung der verschiedenen Flüssigkeiten zu verwenden, ist es nur notwendig das seitliche Rohr (Weite circa 3 mm) bis 25 cm zu verlängern. Auch muss dann das Gefäss ganz mit der Flüssigkeit gefüllt sein und diese noch in dem Rohr 5—10 cm hoch gestiegen sein. Übrigens ist es zweckmässiger, hierfür ganz neue Apparate ohne Ätherröhren zu nehmen, da durch die Verdampfung des Äthers der Ausdehnungsversuch nur compliciert wird. Es kann daher die Steighöhe nur die Verschiedenheit der Ausdehnung demonstrieren und dass von den Flüssigkeiten Petroleum sich am meisten, Quecksilber am wenigsten ausdehnt.

Die Lehre von der Interferenz und Polarisation des Lichtes im Unterricht.

Von

Dr. W. Grosse in Vegesack.

(Schluss).

Die folgenden Zeilen bilden die Ergänzung zu dem, was im Aprilhefte dieser Zeitschrift über den Unterricht in der Lehre von der Interferenz und Polarisation des Lichtes gesagt wurde. Demnach soll der Unterricht vor allem durch vielseitige Darstellung und Zerlegung unter Heranziehung mathematischer und experimenteller Hilfsmittel dem Schüler das Wesen und die verschiedenen Möglichkeiten des Auftretens der Interferenz klar machen, und den Begriff des natürlichen und polarisierten Lichtes unter Benutzung mechanischer Prinzipien und mit Hülfe des STÖHRER'schen Apparates entwickeln. Der historische Gang ist insofern zu berücksichtigen, als die FRESNEL-ARAGO'schen Gesetze bereits einen gewissen Abschluss gewähren und einen Rückblick gestatten. Die folgenden Andeutungen werden nun

vorwiegend experimenteller Art sein und sich mit den Erscheinungen und Complicationen beschäftigen, die das polarisierte Licht irgend welcher Art, mit Einschluss des cirkular-polarisierten, hervorzurufen im Stande ist.

Von pädagogischer Wichtigkeit ist in erster Linie die Frage, ob die objektive oder subjektive Darstellung der hierher gehörenden Versuche zu wählen ist. Unstreitbar bietet die erstere bedeutende Vorteile dar, besonders diejenigen, welche in der Gleichzeitigkeit der Wahrnehmung liegen, wodurch eine gewisse Gewähr geleistet ist, dass auch das Gesehene und besonders beachtet wird, was sehens- und beachtenswert ist. Manchem Lehrer wird auch die Zeitersparnis wünschenswert sein, welche die objektive Darstellung gestattet. In der That erlaubt der vorgeschlagene Lehrgang erst möglichst alles Theoretische und Deduktive zu erledigen, um daran eine unmittelbare, wenig unterbrochene experimentelle Darstellung der hierher gehörigen Erscheinungen anzuschliessen. Andererseits gestattet aber wieder die subjektive Darstellung die für die Disciplin bisweilen vorteilhafte Helligkeit des Zimmers, und das langsame Fortschreiten gewährleistet ruhigere Ueberlegung für das volle Verständnis. Vor allen Dingen aber sieht der Schüler, wie der Lehrer jeden Versuch anordnet und herrichtet. Diese grössere stets gegenwärtige Anschaulichkeit versetzt wiederum den Lehrer in die Lage, ab und an zu kontrollieren, ob die Schüler sich der Art und des Zustandes der Aetherschwingungen, sowie der Veränderungen derselben in den einzelnen Teilen des Apparates bewusst sind. Die Art der Versuche gestattet ausserdem manches aus dem Kapitel der Reflexion und Brechung, besonders das über die Totalreflexion und Prismenbilder Gesagte zu wiederholen und für weitere Anwendungen fruchtbar zu gestalten, so dass sich ein langsames Vorgehen (ich denke namentlich an den vertiefenden Unterricht in der Prima) wohl verlohnt. Dazu kommt, dass der Preis einer guten Projektionslaterne mit allem Zubehör ein recht hoher und für kleinere Anstalten mit geringen Mitteln weder erschwingbar noch mit Rücksicht auf die Schülerzahl erforderlich ist. Ich pflege daher nur die fundamentalen Versuche, von denen noch die Rede sein wird, objektiv und zwar mit Hilfe eines mit Petroleum (3 Brenner) gespeisten Skioptikons darzustellen¹⁾. Es kann dies mit Hilfe von zwei guten Spiegeln oder mit einem Nicol'schen Prisma als Polarisator und einem Spiegel als Analysator leicht geschehen. Die letztere Anordnung ist besonders einfach, da die Richtung der Strahlen nur am Ende ihrer Bahn geändert wird. Es wird zu dem Zwecke der für die Spectralversuche erforderliche Spalt eingesetzt, vor welchen ein zweiter aus Karton geschnittener Spalt senkrecht befestigt wird, so dass man ein quadratisches Bündel von 2—10 mm Seite, je nach Grösse des verfügbaren Nicols erhält. Durch diesen wird das Licht polarisiert und dann weiter benutzt. Gedreht wird nicht der analysierende Spiegel, sondern das Nicol'sche Prisma. Nach Entfernung des Spiegels wird auf dem Schirm bei Drehung des Nicols keine Helligkeitsveränderung bemerkt. Wird der Spiegel mit beliebiger Neigung eingeschoben, so ist das Resultat der Drehung, die Erzielung eines Minimum und Maximum, aber nicht völlige Dunkelheit. Diese erfolgt erst, wenn das Licht unter dem Brewster'schen Winkel auf den Spiegel fällt. Das Bild der Oeffnung lässt man am zweckmässigsten auf die Decke des Zimmers

¹⁾ Von der Einschubung einer Magnesiumlampe (mit Rauchabzug) bin ich wieder abgekommen, da die Gläser von dem Rauch stark beschlugen und die Rauchabführung keine befriedigende war. Auch ist die Gleichmässigkeit der Beleuchtung zu wenig gewährleistet (vgl. die Bemerkung von Dr. H. Krüss im Aprilhefte d. Zeitschr. 1890, S. 216).

fallen. Wie diese Vorrichtung nun für weitere Versuche benutzbar ist, ist leicht ersichtlich.

Für das Verständnis der Doppelbrechung leistet mir ein Glasprisma und ein Kalkspatprisma, (sogen. Dovesches Prisma²⁾, beide von gleichschenkelig rechtwinkligem Querschnitt und von 1—1,5 cm Höhe, recht gute Dienste. Das Glasprisma findet bekanntlich in optischen Instrumenten grosse Verwendung, um eine Ablenkung von 90° bei totaler Reflexion an der Hypotenusenfläche zu erzielen. Von dem Dove'schen Kalkspatprisma habe ich durch eingehende Untersuchungen nachgewiesen, dass es in bestimmter Weise aus Kalkspat geschnitten, besonders in Polarisationsapparaten verwendungsfähig ist. Die Fig. 1, welche wohl für sich verständlich sein dürfte³⁾, erläutert die verschiedenen Gruppen der Bilder des Glasprismas. Die hauptsächlichsten derselben sind bei objektiver Darstellung, auf einen cylinderartig vor den Apparat gebogenen Karton projiziert, gut sichtbar. Stellt man in gleicher Lage auf das Glasprisma das Kalkspatprisma, so zeigt sich nicht nur die verschiedene Brechung und Dispersion beider Substanzen, sondern in evidentester Weise auch

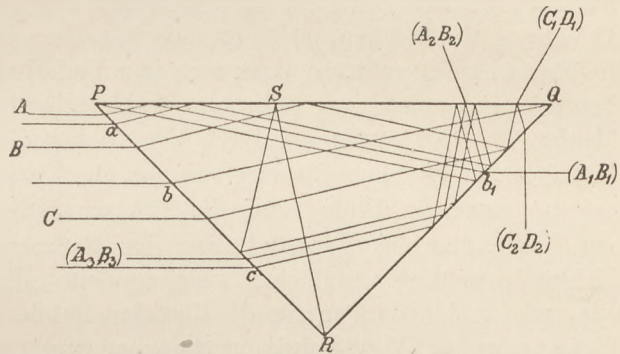


Fig. 1.

die Doppelbrechung des Kalkspats. Es ist dann auch nicht schwer, durch passende Einschubung eines Nicols oder Spiegels die entgegengesetzte Polarisation der Bilder jedes Paares nachzuweisen, wobei an die stärkere Brechung des ordentlichen Strahles, der senkrecht zum Hauptschnitt schwingt, zu erinnern ist. Hier zeigt sich beim Kalkspatprisma noch eine interessante Verschiedenheit in der Ablenkung des ausserordentlichen Strahles. Bei parallel der Hypotenuse auffallendem Lichte kann nämlich als Einfallfläche entweder diejenige Flanke benutzt werden, welche parallel der Hauptaxe geschnitten ist oder die senkrecht zu ihr gerichtete. Im ersteren Falle ist das ausserordentliche Bild, welches zu dem geradsichtigen ordentlichen gehört, nach der brechenden Kante zu, im anderen von der brechenden Kante fort, abgelenkt. Alle ausserordentlichen Bilder sind natürlich gefärbt, während die ordentlichen da farbenfrei sind, wo sie beim Glasprisma (wegen symmetrischen Durchganges bei totaler Reflexion) ungefärbt sind. Der Grund für jene verschiedene Ablenkung ist leicht zu erklären aus der Abhängigkeit des Brechungsquotienten für den ausserordentlichen Strahl von seiner Neigung gegen die Hauptaxe. In den von uns in Betracht zu ziehenden Fällen genügt es, diese Abhängigkeit durch Zeichnung der Ellipse mit den Hauptbrechungsquotienten als Axen zu kennzeichnen (räumlich Umdrehungsellipsoid). Es ist ferner mit dem Dove'schen Prisma leicht zu zeigen, dass jede reflektierte Welle, sobald die in ihr stattfindenden Schwingungen nicht in der Reflexionsebene oder senkrecht zu derselben stattfinden, wieder einen ordentlichen und einen

²⁾ Die Polarisationsprismen und ihre Verwendung (Grosse'sche Buchh., Clausthal, M. 1,60); Zeitschr. für Instr. 1887, Centralz. für Opt. und Mech. 1887.

³⁾ Ueber die photometrische Vergleichung der Bilder eines Prisma. Centralz. für Opt. und Mech. 1888, Nr. 6.

ausserordentlichen Strahl aufweist, dass man also den Begriff der Doppelbrechung dahin zu erweitern hat, dass jeder polarisierten Welle, mit Ausnahme von Grenz- oder Specialfällen, auch bei einer Richtungsänderung im Inneren wiederum zwei Wellen entsprechen. Die mir bekannten Lehrbücher lassen diesen Punkt, der doch für die vollständig klare Erfassung des Vorganges wichtig ist, ganz ausser Acht.

Die benutzte Anordnung lässt aber noch manche andere dem Lehrer willkommene Erläuterung zu. Die durch das Glasprisma erzeugten Bilder zeigen bei Vorhaltung und Drehung eines Nicols keine oder geringe Helligkeitsänderung. Die Wirkung der Spiegelung, mit welcher ja hier die Vertauschung einer Richtung verbunden ist, zeigt sich an der geänderten Reihenfolge der Spectralfarben. Die Wirkung der Totalreflexion wird an der Helligkeit der ersten Bilder ($A_1 B_1$), welche ohne Ablenkung durchgehen, erkannt; sie hat aber ihre Grenze in dem Strahl, der in die Basisecke Q geht, so dass von dem Verhältnis $SR : Pb$ oder $QR : Qb$, auf den Brechungsexponenten der Substanz geschlossen werden kann. (Wirksame Breite der Flanke, $Pb = Qb_1$, erläutert durch Verschieben eines passenden Kartonstreifens auf derselben; anschauliche Ermittlung von n). Kurz und gut das nähere Eingehen auf die einzelnen Bilder und die Erklärung ihres Zustandekommens wird auf eine Vertiefung des Verständnisses der Reflexions- und Brechungsvorgänge des Lichtes (sowohl der einfachen, wie doppelten Brechung) von ähnlichem Einfluss sein, wie in der Mathematik die Berechnung oder Konstruktion von Dreiecken und Vielecken auf das Verständnis der trigonometrischen und planimetrischen Ableitungen. Es sind Anwendungen eines früheren Pensums. Eine ganze Reihe von mündlich oder schriftlich zu lösenden Aufgaben lässt sich noch anschliessen, bei welchen die Tafeln der Winkelfunktionen fleissig gebraucht werden müssen. Da das Kalkspatprisma in den Kathetenflächen parallel und senkrecht zur Hauptaxe geschliffen ist, (Preis ca. 5 M.) so lässt sich, wenn kein Rhomboeder vorhanden ist, das Nötige über die Spaltungsflächen und über die Empfindlichkeit (Härte) des Spates dabei erörtern. Schliesslich möchte ich nicht unerwähnt lassen, dass durch Betrachtung und Vergleichung der Helligkeit der oben erwähnten Bilder unter Berücksichtigung des Verlaufs der betreffenden Strahlen und unter Zugrundelegung eines bestimmten Reflexionscoefficienten (7—10%) die relative Lichtstärke der Bilder (Geometrische Reihe, Schwächungsexponent, Absorptionsgesetz) sich annähernd berechnen, eventuell auch, wie ich a. a. O. gezeigt habe, leicht photometrisch ermitteln lässt.

Ueber die elementaren Versuche mit dem Kalkspatrhomboeder, welche besonders in MÜLLER-POULLER ausführlich dargestellt sind, brauche ich hier nicht zu reden. Wichtig ist es, von vornherein auf die Abnahme der Helligkeit mit dem Cosinus-Quadrat des Azimuths in den vier Quadranten aufmerksam zu machen, wobei entweder eine kleine Tabelle oder aber noch besser ein selbstgefertigter Teilkreis gute Dienste thut, über welchen ein an der Fassung des Nicol befestigter Zeiger gleitet. Auf diesem ist ausser den Winkeln, etwa darüber, der Zahlenwert des Cosinusquadrats zu verzeichnen. Die Darstellung ist dann subjektiv zu wählen. Ich benutze hierzu und zu manchen anderen Versuchen, namentlich zu Farbmischungen einen Apparat, der als Polarisator das von mir angegebene Prisma und als Analysator den Nicol mit dem Teilkreis enthält. Der Polarisator besteht aus einem Luftprisma (GLAN) und einem rechtwinkligen, Kalkspatprisma (Winkel 40° und 50° wie beim GLAN'schen Prisma in seinen beiden Teilen, die mit der Hypo-

tenusenfläche an den Rändern verkittet werden, vergl. Fig. 2). Man demonstriert zunächst das NICOL'sche und GLAN'sche Prisma, deren ersteres 3—4 mal so lang als breit, deren letzteres etwa so lang als breit ist. Das Gesichtsfeld beider ist begrenzt an der einen Seite durch das Auftreten des ordentlichen Strahles, wobei die rothen Strahlen zuerst wieder erscheinen, später die blauen. (Dispersion durch Totalreflexion; Methode der Bestimmung des Brechungsquotienten). Von der anderen Seite ist das Gesichtsfeld begrenzt durch die Grenzschicht selber. Innerhalb der so begrenzten Zone hat man Licht, welches in der durch den Strahl und die Hauptaxe gelegten Ebene (Hauptschnitt) seine Schwingungen vollführt. (Ausserordentlicher Strahl). Die Combination mit dem GLAN'schen Prisma ermöglicht aber auch nach Belieben den ordentlichen Strahl zu benutzen. Derselbe gelangt nach zweimaliger Totalreflexion in den Analysator. Bildet dieser demnach das Azimuth φ zum GLAN'schen Prisma, so würde unter gleichzeitiger Benutzung beider Bündel die Helligkeit bei der Drehung sich nie ändern, da die Summe der Intensitäten stets dieselbe ist ($\sin^2 \varphi + \cos^2 \varphi = 1$). Legt man jedoch farbige Blätter unter die Prismen, so bekommt man während der Drehung alle Abstufungen der Mischfarben ohne Änderung der Gesamthelligkeit, z. B. $bl. \cos^2 \varphi + r. \sin^2 \varphi$, wenn bl und r zugleich den qualitativen und quantitativen Wert von blau und rot bezeichnen. Complementäre Farben geben für $\varphi = 45^\circ$ weiss. Bei grösserer Auswahl von Farben bestimme ich die complementären Farben durch das subjektive Nachbild (Contrastfarbe) einer beliebig gewählten Nuance. (MAGNUS'sche Kartons zur Hebung des Farbensinnes.) Hier bietet sich also die Gelegenheit zum Eingehen auf die Farbentheorie. Es sei gleich vorweg bemerkt, dass sich den Glimmer- und Gypsblättchen, sowie den gepressten Gläsern und doppeltbrechenden Platten gegenüber in jedem Azimuth das gemischte Bündel wie natürliches Licht verhält, da die durch jedes einzelne hervorgerufene Erscheinungen sowohl qualitativ, wie quantitativ complementär sind. Wird die eine Hälfte jedes Bündels abgeschnitten, so hat man nebeneinander die complementären Erscheinungen. Es würde zu weit führen, an dieser Stelle die vielseitige Anwendung jener Prismencombination zu erörtern, man wird bei näherem Eingehen sofort von selber darauf geführt. Bei Besprechung des BUNSEN'schen und RUMFORD'schen Photometers würde es auch angemessen sein, der Verwendung dieser Anordnung als Polarisationsphotometer zu gedenken. (Verschiedene Kriterien der Gleichheit der Helligkeitswerte, da $a = b$ ist, wenn sich $a \sin^2 \varphi + b \cos^2 \varphi$ unter allen Umständen wie natürliches Licht verhält.)

Die Erscheinungen, welche Gypsblättchen im Polarisationsapparat darbieten, haben bekanntlich grosse Ähnlichkeit mit den Newton'schen Farben. Die Farbe bzw. bei homogenem Licht die Helligkeit ist bei den Newton'schen Farben bedingt durch eine Interferenz von Strahlen, welche durch Zurücklegung verschieden langer Wegstrecken eine Phasendifferenz erhalten haben, hier dagegen durch die Zurückführung zweier senkrecht polarisierten Strahlen, welche aus einem Strahle im Gypsblättchen entstanden sind und beim Durchlaufen desselben in Folge der verschieden grossen Fortpflanzungsgeschwindigkeit eine Phasendifferenz erhalten haben, auf eine Schwingungsebene, nämlich die des Analysators. Es empfiehlt sich nun meiner Meinung nach, im Unterrichte die hierher gehörigen Versuche mit dem Newton'schen Luftkeil oder dem Newton'schen Farbengläse, bei welchem die Rechnung allerdings verwickelter, aber leichter verifizierbar ist, mit vorzuführen. Ist

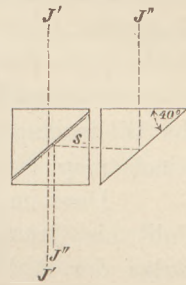


Fig. 2.

r der Brechungswinkel für das betrachtete Strahlbündel, d die Dicke und λ' die Wellenlänge einer bestimmten Farbe innerhalb des Blättchens, so ist $2d \cos r / \lambda'$ die Phasendifferenz in Wellenlängen sowohl für reflektiertes, wie durchgehendes Licht. Dennoch sind die Erscheinungen nicht identisch in beiden Fällen, sondern complementär, das heisst sich zu weiss und zu gleicher Helligkeit ergänzend (Beispiele!), da bei der Reflexion im Inneren der Schicht $\frac{1}{2}$ Wellenlänge verloren geht (allgemeines mechanisches Princip). Innerhalb der Gypsblättchen ist die Phasendifferenz ebenfalls proportional den Grössen d und $\cos r$ und umgekehrt proportional der Wellenlänge und die Erscheinung ist complementär für parallele und gekreuzte Nicols resp. Spiegel, wie leicht zu ersehen ist, da ja $\cos^2 \varphi + \sin^2 \varphi = 1$ ist.

Dass im Allgemeinen nicht hell und dunkel (homogenes Licht als specieller Fall, als Grenzfall aufzufassen!) sondern dispergiertes Licht resultiert, ist eine Folge der Abhängigkeit der Phasendifferenz von λ' . Benutzt man einen Keil, so kann beispielsweise eine Farbe von doppelter Wellenlänge erst bei doppelter Dicke dieselbe Helligkeit, d. h. dieselbe Amplitude haben. Es verlaufen demnach in beiden Fällen die Farben parallel der Kante des Blättchens und sind Mischfarben, die sich in früher angegebener Weise aus dem Newton'schen Farbenkreis durch Schwerpunktsconstruction berechnen lassen. (Newton'sche Farben verschiedener Ordnung!). Bei homogenem Licht, wo also λ' constant ist, haben wir einen Wechsel von Hell und Dunkel, der sich periodisch mit wachsender Dicke wiederholt (mit rothem Glase grösserer Abstand als mit blauem). Für die Versuche mit Gyps empfiehlt sich der Besitz von zwei gleichen Gypskeilen (neuerdings auch Gypstreppen) und von einigen Plättchen Glimmer verschiedener Dicke. Man erläutere den Grund, wie zur Erzielung grösster Helligkeit die Keile zu legen sind ($b = a \sin \alpha \cos \alpha =$ Amplitude, ein Maximum für $\alpha = 45^\circ$). Man setze auch an die Stelle des Analysators eine gewöhnliche Kalkspathplatte, wie sie zur Beobachtung der beiden Bilder dient, um zu zeigen, wie in allen Azimuthen die Farben complementär sind und an der Stelle der Übereinanderlegung weiss geben. Sind die Bilder rechts und links fixiert, so ist beispielsweise links für das Azimuth 37° dieselbe Farbe und Helligkeit, wie rechts für 53° . Die Erscheinungen mit übereinandergelegten, gekreuzten oder parallelen Gypsblättchen, sind in jedem grösseren Lehrbuche angedeutet. (Differenz und Summe der Gangunterschiede). Weniger bekannt ist die darauf beruhende Methode zur Bestimmung der Dicke eines Glimmerblättchens (cf. M. P. II. 554); man kann das an dem Beispiel eines beliebig abgeblätternen Stückchens leicht zeigen.

Die Erscheinungen beim Gyps und Glimmer sind einfach, weil die Axenlage immer dieselbe ist. Die Schwingungsrichtungen der Strahlen liegen nämlich in der Ebene des Blättchens, resp. der Mittelebene des Keils. Bei senkrecht zur Axe geschnittenen Krystallplatten ist dies nicht mehr der Fall. Die Schwingungsebene des ausserordentlichen Strahles ist bestimmt durch die Ebene, welche durch die Hauptaxe und den Strahl gelegt wird, die des ordentlichen ist senkrecht dazu. Da für einen Winkel von 45° gegen die Schwingungsebene des Polarisators ein Maximum der Helligkeit stattfindet, während sie sich nach dem Azimuth 0° und 90° bis zur völligen Dunkelheit abstuft, so erklärt sich leicht die Anwesenheit des bekannten schwarzen Kreuzes in der Erscheinung; ebenso ist klar, dass der geometrische Ort für gleiche Phasendifferenz, also gleiche Farbe ein Kreis ist für einaxige Krystalle, während er, (was hier nicht zu beweisen ist) für zwei-axige Krystalle eine Lemniskate ist, bei der das Produkt der Abstände von den

Schnittpunkten der beiden Axen mit der Ebene der Platten constant ist. Diese letzteren werden demnach gewöhnlich senkrecht zur Halbierenden des Axenwinkels geschnitten. Als Demonstrationsplatten sind zu empfehlen von einaxigen: Kalkspat, Phenakit, Turmalin, chromsaures Kali, Apatit, von zweiaxigen: Cerussit, Arragonit, Titanit, Zucker, Topas, Salpeter. Bemerkte möge noch sein, dass das Dove'sche Prisma bei 90° Ablenkung in sehr schöner Weise das Ringsystem zeigt, wenn man die senkrecht zur Axe geschnittene Fläche als Austrittsfläche benutzt. Das Prisma dient dann zugleich als Polarisator. In jedem Punkte der Austrittsfläche treffen sich ein ordentlicher und ein ausserordentlicher Strahl, die mit Phasendifferenz von der total reflektierenden Hypotenusenfläche aus das Prisma durchsetzt haben und das Ringsystem erzeugen.

Die Erscheinungen in gepressten und gekühlten Gläsern geben zu besonderen Bemerkungen keine Veranlassung. Durch Übereinanderlegen derselben lassen sich mannichfache Combinationen erzeugen. Wegen ihrer verhältnismässigen Grösse eignen sie sich besonders zur objektiven Darstellung mittelst der einfachen oben angegebenen Anordnung. Bei den zweiaxigen Krystallplatten sind wohl füglich einige Bemerkungen über die Bestimmung des Axenwinkels zu machen. (Apparat nach v. LANG). Weiter auf die Theorie der Lichtfortpflanzung in zwei-axigen Krystallen (Versuche von LLOYD und HAMILTON — konische Refraction) einzugehen, halte ich nicht für zweckmässig. Bei einer eventuellen Demonstration der Titanitplatte achte man jedoch auf die Abweichungen, welche das Lemniskatensystem im weissen Lichte zeigt, weil die optischen Axen für verschiedenfarbige Strahlen nicht die gleiche Lage haben. Auf die Erscheinungen in Platten, die nicht senkrecht zur optischen Axe resp. zur Mittellinie der optischen Axe geschnitten sind, sowie auf die Bearbeitung der Krystallplatten bin ich nicht weiter eingegangen. Die verschiedene Härte bezw. Empfindlichkeit verschieden geschnittener Flächen lässt sich gut an dem Dove'schen Prisma oder auch an einem Rhomboeder direkt zeigen.

Besondere Erwähnung verdient wegen ihrer Anwendung zur Analyse der Lichtarten die $\lambda/4$ -Glimmerplatte, welche eine Dicke von $0,032\text{ mm}$ hat, weil dann die Strahlen mittlerer Wellenlänge eine Phasendifferenz von $1/4$ Wellenlänge erhalten und demnach circular-polarisiertes Licht geben. In den Hauptstellungen des Analysators hat die Platte eine rötliche bezw. bläuliche Färbung, da sie nur für eine mittlere Farbe circular-polarisiertes, für die übrigen elliptisch-polarisiertes Licht giebt. Man sollte nicht versäumen, total oder beliebig reflektiertes Licht, namentlich das von Metallen zurückgeworfenen mit dieser Platte zu untersuchen. Dass man das Axenverhältnis und die Lage der von den Ätherteilchen beschriebenen Ellipsen durch Beobachtung der durch das Glimmerblättchen bewirkten Drehung der Maximumstellung berechnen kann, ($\text{tg. } \varphi = a/b$) pflegt dem Schüler zu imponieren, und auch der Beweis dieser Thatsache ist nicht zu schwierig. (Müller-Pouillet, II. S. 617). Die Unterscheidung des rechts herum circular-polarisierten von linkerum circular-polarisiertem ist recht interessant. Durch das eine findet in einem Gypsblättchen eine Vermehrung, durch das andere eine Verminderung der Phasendifferenz statt, so dass die Erscheinungen complementär sind, da die Gesamtphasendifferenz $\lambda/2$ ist. Die $\lambda/4$ -Platte findet auch Anwendung bei den Krystallplatten, um zu bestimmen, ob sie optisch positiv oder negativ sind.

Die Versuche mit dieser Glimmerplatte und dem durch sie hervorgerufenen circular-polarisierten Lichte bilden den Übergang zu den Betrachtungen über die

Drehung der Polarisationssebene. Hier ziehe ich gleich die elektromagnetische Drehung der Polarisationssebene mit heran. Sie ist die künstliche im Gegensatz zu jener natürlichen. (FARADAY für Glas, ARAGO für Quarz 1811). Beide sind gleiche Folgen verschiedener Ursachen und wie man annimmt sekundäre Wirkungen, hervorgerufen durch Molekularströme in der Materie. Daraus erklärt sich die Proportionalität der Wirkung mit der Dicke und Concentration, welche allerdings für die künstliche Drehung nur annähernd gilt. Da bei dieser die erzeugende Ursache in den elektrischen Strömen liegt, welche das Diamagneticum umgeben, so erklärt sich auch eine innerhalb gewisser Einschränkungen geltende Steigerung der Drehung mit der Stromstärke. Eine wesentliche Verschiedenheit beider Drehungen liegt darin, dass wenn der Strahl eine Schicht eines natürlich drehenden Mittels hin und zurück (Spiegelung) durchläuft, die Drehung aufgehoben wird, während sie bei der künstlichen Drehung verdoppelt wird. Ersteres lässt sich leicht an einer Quarzplatte zeigen, welche keine Drehung mehr zeigt, wenn sie auf den unteren Spiegel des Nörremberg'schen Polarisationsapparates gelegt wird.⁴⁾ Näheres über diesen Gegenstand findet man *P. Bd. III. 1890, S. 1008—1016*. Zu den Versuchen selbst übergehend bemerke ich, dass ich neben einer gleich dicken rechts und links drehenden Platte vor allem auch die in Polaristrobometern benutzte POUILLET'sche Doppelplatte von 3,75 mm Dicke verwende, die aus einer rechts und links drehenden Platte besteht, deren Hälften in der Nullstellung ein empfindliches Purpurviolett zeigen, welches bei der geringsten Drehung des Analysators in rot bzw. blau übergeht, worauf eben ihre Verwendung beruht. Die circular-polarisierenden Flüssigkeiten fülle ich in Wasserstandsgläser, die an ihren Enden hinreichend gut abgeschlossen zu sein pflegen, um sie mit Glasplättchen verbinden zu können. Die ätherischen Öle, welche stark drehen, wie Orangenöl, Kümmelöl, Citronenöl sind meist recht teuer (Pfd. 6—10 M.) und in langen Schichten nicht immer klar, ausserdem aber lösen sie, ebenso wie Kampfer mit Spiritus verdünnt, den Schellack auf, der sich sonst gut zur Verbindung der Endplatten mit dem Glascylinder eignet. Ich kann deshalb in erster Linie die beiden Arten des Terpentins, von denen der deutsche (bzw. amerikanische) auf 5 cm eine Drehung von + 8,5, der französische eine solche von $- 17^\circ$ besitzt, sowie eine Lösung von Rohrzucker und Traubenzucker empfehlen, die sich bei vorsichtigem Gebrauch lange benutzen lassen. Die Zunahme der Drehung mit der Dicke wird durch Vergleichung der Doppelplatte mit den Einzelplatten für den Quarz demonstriert. Man mache aber bei Demonstration der Quarzplatten ganz besonders darauf aufmerksam, dass die Circularpolarisation und die dadurch hervorgerufene Drehung der Polarisationssebene nur in Richtung der Axe stattfindet. Die schief durchgehenden Strahlen erzeugen die Ringfigur der einaxigen Platten, wobei auch das schwarze Kreuz wieder auftritt. Legt man die links und rechts drehende Platte aufeinander, so erblickt man eine eigentümlich spiralförmige Anordnung der Farben. Eine schräg zur Axe geschnittene Quarzplatte zeigt natürlich ebenso wenig eine Drehung der Polarisationssebene, wie die Ringfigur, sondern, ähnlich wie die Gypskeile, parallel verlaufende Farbenbänder (Projektion des Kreises!)

Mit einer kleinen Schueckert'schen Dynamomaschine für Handbetrieb (37 Volt) ist es mir gelungen, die künstliche Drehung der Polarisationssebene zu erzielen.

⁴⁾ Sie giebt die im Folgenden erwähnte Erscheinung der übereinandergelegten rechts und links drehenden Quarzplatten von gleicher Dicke. Die Mitte ist schwarz; ein Beweis, dass die Drehung aufgehoben ist.

Ich benutze dazu als Diamagneticum Wasser, welches ich in eine der Röhren füllte und in die Spirale des DUBOIS-REYMOND'schen Schlittenapparates steckte. Der Analysator wird auf Null gestellt. Bei plötzlicher Unterbrechung eines eingeführten Nebenschlusses fand eine schwache Aufhellung des Gesichtsfeldes statt. Bei Anwendung von Schwefelkohlenstoff statt des Wassers müsste nach VERDET die Wirkung dreimal so stark sein.

Zum Schlusse sei noch der Anwendung der Polarisirung in der Mineralogie, sowie auch der, zuerst von BREWSTER beobachteten, Erscheinungen der Doppelbrechung in organischen Stoffen gedacht. (Histologische Untersuchungen.) Mit zwei Nicols stellt man sich leicht aus jedem Mikroskop ein zur Beobachtung geeignetes Instrument her. Bei unserem Mikroskop von Zeiss füge ich das eine Prisma in den Blendenträger unterhalb des Objektisches, das zweite in den Tubus dicht über dem Objektiv, durch dessen Drehung, wenn sie nicht mehr als 90° beträgt, die beabsichtigte Drehung des Nicols erfolgt, ohne dass die Schärfe des für das Auge eingestellten Bildes wesentlich beeinträchtigt wird, da die Ganghöhe der Objektivschraube nur gering ist. Für Untersuchungen an Gesteinsschliffen empfehle ich den instruktiven Vortrag von Prof. Dr. FRANZ TOULA (*Wien 1889, Verlag von Hölzel*). Die hier vorausgesetzte einfache Anordnung für objektive Darstellung gestattet natürlich nicht die Vorführung dieser Versuche, wohl aber diejenige der Circularpolarisation durch Quarz, sowie durch Terpentin oder Zucker.

Die Zusammensetzung der Kräfte in einer starren Ebene.

Von

Richard Heger in Dresden.

Bei der Zusammensetzung der Kräfte in einer starren Ebene beginnt man in den Lehrbüchern mit der Zusammensetzung zweier Kräfte nach dem Parallelogramm; indem man nun das Moment als Hilfsbegriff einführt, gelangt man zum Varignon'schen Satze und mit diesem weiter zur Zusammensetzung beliebig vieler Kräfte. Zwei Parallelkräfte muss man durch Hinzufügung zweier entgegengesetzt gleicher Hilfskräfte in zwei sich schneidende verwandeln. Wenn sich nun auch die Einführung des Momentes durch die Erleichterung, die dadurch erreicht wird, erkenntnisökonomisch rechtfertigt, so fehlt doch dem Anfänger jede Vorstellung davon, wie man gerade auf diesen Hilfsbegriff kommen kann, und welche physikalische Bedeutung ihm innewohnt.

Diese Mängel sind so empfindlich, dass man auf Abhilfe bedacht sein muss. Sollte auch an Stelle des älteren Verfahrens keines gesetzt werden können, das sich an Kürze und „Eleganz“ mit ihm vergleichen liesse, so wollen wir doch mit DÜRRING und Anderen daran festhalten, dass weder Kürze noch Eleganz die vornehmsten Forderungen sind, die man an eine wissenschaftliche Darstellung zu stellen hat, durch welche Klarheit und Geschmack am wissenschaftlichen Denken verbreitet werden sollen.

Hier hat man vielmehr zunächst und hauptsächlich darauf zu sehen, dass die neuen Begriffe und Erkenntnisse in einer möglichst wenig gezwungenen Weise sich nach und aus einander entwickeln. Eine Darstellung, welche den bezeichneten Mangel vermeidet, dürfte nicht bloß für den Unterricht an den höhern Schulen, sondern auch für den rein wissenschaftlichen Vortrag beachtenswert sein.

1. Grundsatz des starren Körpers: Entgegengesetzt gleiche Kräfte in derselben Geraden heben einander auf.

Folgerungen: Eine Kraft kann längs ihrer Kraftlinie verschoben werden.

Kräfte in einer Geraden werden durch eine Kraft ersetzt, die ihrer algebraischen Summe gleicht und in derselben Geraden liegt.

Kräfte in einer Geraden sind im Gleichgewichte, wenn ihre algebraische Summe Null ist.

2. Wenn eine starre Ebene um einen ihrer Punkte M drehbar ist, so ist sie im Gleichgewichte, wenn in ihr nur Kräfte wirken, deren Kraftlinien den Drehpunkt enthalten, oder wenn die vorhandenen Kräfte sich zu Kräften durch den Drehpunkt zusammensetzen lassen.

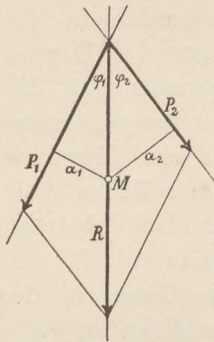


Fig. 1.

und Q beziehen. Sind a_1 und a_2 die Abstände des Drehpunktes von den gegebenen Kraftlinien, so ist

$$P_1 : P_2 = \sin \varphi_2 : \sin \varphi_1, \quad P_1 \sin \varphi_1 = P_2 \sin \varphi_2.$$

Wenn dagegen auf die Ebene eine Kraft wirkt, deren Kraftlinie nicht durch den Drehpunkt geht, so erfolgt eine Drehung, die man zunächst nach ihrer Richtung als rechts- oder links- um drehen kann.

3. Wirken in der drehbaren Ebene zwei Kräfte P_1 und P_2 , die sich schneiden, so verlegt man sie an ihren Schnittpunkt und setzt sie dort nach dem Parallelogramm zusammen. Sind φ_1 und φ_2 die Winkel der Resultanten R mit P_1 und P_2 , so ist (Fig. 1)

Gleichgewicht findet statt, wenn R den Drehpunkt enthält. Um diese Bedingung in die vorige Gleichung einzuführen, hat man statt φ_1 und φ_2 Größen zu benutzen, die sich auf die Lage von M gegen P

$$a_1 : a_2 = \sin \varphi_1 : \sin \varphi_2,$$

daher geht die obige Gleichung über in

$$P_1 a_1 = P_2 a_2.$$

Begriff des Momentes einer Kraft in Bezug auf einen Drehpunkt (bez. Drehachse).

Zwei Kräfte in einer starren um einen ihrer Punkte drehbaren Ebene sind im Gleichgewichte, wenn sie entgegengesetzte Drehrichtung und gleiche Momente haben.

Folglich: In einer starren um einen ihrer Punkte drehbaren Ebene kann man zwei Kräfte für einander setzen, die gleiche Drehrichtung und gleiche Momente haben.

4. Diese beiden Sätze gelten auch für parallele Kräfte. Ist Q (Fig. 2) eine Kraft, die P_1 ersetzt und schneidet, so ist $Qb = P_1 a_1$; Q_1 und P_2 sind im Gleichgewichte, wenn $Qb = P_2 a_2$; also auch P_1 und P_2 , wenn bei ungleicher Drehrichtung $P_1 a_1 = P_2 a_2$.

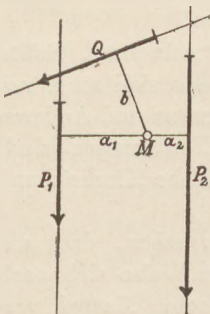


Fig. 2.

Die Q_k ergeben die Resultante

5. Zusammensetzung und Gleichgewicht von beliebig vielen Kräften in einer starren um einen ihrer Punkte drehbaren Ebene.

- Die Kräfte seien P_1, P_2, P_3, \dots ,
- die Momentarme a_1, a_2, a_3, \dots ,
- die Momente also $P_1 a_1, P_2 a_2, P_3 a_3, \dots$

Man kann die Kräfte durch Kräfte in einer beliebigen den Drehpunkt M nicht enthaltenden Kraftlinie ersetzen, hat diese von M den Abstand b , so wird P_k durch Q_k ersetzt, wenn

$$Q_k b = P_k a_k, \quad Q_k = P_k \frac{a_k}{b}.$$

$$R = \Sigma Q_k = \frac{1}{b} \Sigma P_k a_k,$$

$$b R = \Sigma P_k a_k;$$

das Moment der Resultante ist die algebraische Summe der Momente der Componenten.

6. Kräfte an einer freien starren Ebene. Hält man einen Punkt der Ebene fest, und berechnet für denselben die algebraische Summe der Momente der Einzelkräfte, so wird dieselbe im Allgemeinen von Null verschieden sein, und von der Lage des festgehaltenen Punktes gegen die Kräfte abhängen. Wenn man Punkte A und B angeben kann, für welche die algebraische Summe der Momente verschiedene Vorzeichen besitzt, und beachtet, dass eine stetige Änderung in der Lage des Drehpunktes auch stetige Änderungen der Momente zur Folge hat, so erkennt man, dass auf jedem von A nach B führenden Wege ein Punkt c angetroffen werden muss, für welchen die Summe der Momente verschwindet. Hieraus folgt, dass die Kräfte eine Resultante haben, deren Kraftlinie die Punkte c enthält.

Eine Ausnahme kann nur dann eintreten, wenn Kräfte möglich sind, bei denen die algebraische Summe der Momente für alle Punkte der Ebene dasselbe Vorzeichen hat.

Ist eine Resultante vorhanden, und hat man auf dem angedeuteten Wege ihre Kraftlinie gefunden, so kann man leicht ihre Grösse ermitteln. Man bestimme für irgend einen Drehpunkt die Summe der Momente der gegebenen Kräfte; dieser muss das Moment der Resultanten gleich sein; aus der Lage ihrer Kraftlinie gegen den Drehpunkt und ihrem Momente ergibt sich die Grösse der Resultanten.

7. Wichtige Anwendungen hiervon macht man bei der Zusammensetzung von Parallelkräften.

A. Zwei gleichgerichtete Parallelkräfte für einen auf einer der beiden Kräfte gelegenen Punkte ist das Moment dieser Kraft gleich Null, als Summe der Momente bleibt dann nur das Moment der andern Kraft übrig. Da nun die Drehrichtungen dieser Momente verschieden sind, so folgt, dass eine Resultante vorhanden ist, deren Kraftlinie ganz im Innern des Streifens der beiden gegebenen Kraftlinien liegt, folglich denselben gleichgerichtet ist. Sind x_1 und x_2 die Abstände der Componenten von der Resultante (Fig. 3), so ist für einen Punkt derselben

$$P_1 x_1 - P_2 x_2 = 0.$$

Hieraus und aus $x_1 + x_2 = a$ folgen

$$x_1 = \frac{P_2 a}{P_1 + P_2}, \quad x_2 = \frac{P_1 a}{P_1 + P_2}.$$

Ist R die Resultante, so ist für jeden Drehpunkt z. B. auf P_2

$$R x_2 = P_1 a, \text{ also } R = P_1 + P_2.$$

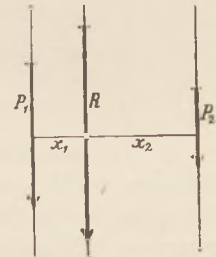


Fig. 3.

B. Zwei ungleich gerichtete Parallelkräfte. Für jeden Punkt, der ausserhalb des Kraftlinienstreifens auf der Seite der kleineren Kraft oder im Innern des Streifens liegt, hat das resultierende Moment dieselbe Drehrichtung, wie das der grösseren Kraft P_1 ; die Kraftlinie der Resultanten kann also die Kraftlinie von P_1 nicht schneiden, muss also mit den gegebenen Kräften gleiche Richtung haben, — und ausserhalb des Kraftlinienstreifens auf der Seite der grösseren Kraft liegen. Sind x_1 und x_2 ihre Abstände von P_1 und P_2 (Fig. 4), so ist $P_1 x_1 - P_2 x_2 = 0$, $x_2 - x_1 = a$, folglich

$$x_1 = \frac{P_2 a}{P_1 - P_2}, \quad x_2 = \frac{P_1 a}{P_1 - P_2}.$$

Für einen Drehpunkt auf P_2 ergibt sich die Richtung der Resultierenden R in Übereinstimmung mit P_1 und ihre Grösse aus $R(x_2 - x_1) = P_1 a$ zu

$$R = P_1 - P_2.$$

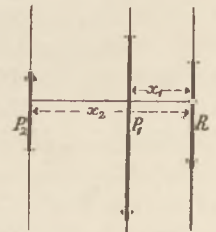


Fig. 4.

8. Sind die Kräfte P_1 und P_2 gleich, so erhält man $R = 0$, $x_1 = x_2 = \infty$, also unbrauchbare Grössen, und muss daher eine neue Untersuchung anstellen.

Für einen Punkt im Innern des Streifens (Fig. 5) ist das resultierende Moment

$$P x_1 + P x_2 = P (x_1 + x_2) = Pa;$$

für einen äusseren Punkt hat man

$$P y_1 - P y_2 = P (y_1 - y_2) = Pa,$$

d. i. die algebraische Summe der Momente zweier entgegengesetzt gleicher Parallelkräfte ist für alle Punkte der Ebene gleich dem Produkte aus einer Kraft und der Breite des Kraftstreifens. Zwei entgegengesetzt gleiche Parallelkräfte können daher durch eine einzelne Kraft weder ersetzt noch ins Gleichgewicht gebracht werden. Kräftepaar; Moment desselben.

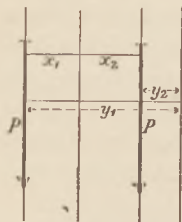


Fig. 5.

9. Mehrere Kräftepaare haben für jeden Punkt der Ebene als resultierendes Moment die constante algebraische Summe der einzelnen Paare. Daher: Beliebig viele Kräftepaare einer Ebene werden durch ein Paar ersetzt, dessen Moment gleich der algebraischen Summe der Momente der einzelnen Paare ist, — und durch ein Paar im Gleichwichte gehalten, dessen Moment der Summe der Einzelmomente entgegengesetzt gleich ist.

10. Verlegung von Kräften nach einem Punkte durch Benutzung von Hülfsparen.

11. Hierauf folgt sofort die Anwendung auf das Gleichgewicht der Kräfte an Hebel, Rad an der Welle, losen Rollen, Potenzflaschenzug. An diesen Beispielen der Nachweis, das die algebraische Summe der potentiellen Energieänderungen beim Gleichwichte verschwindet. Alsdann wird dies als Prinzip ausgesprochen, und für das Gleichgewicht an Schraube, gem. Flaschenzug, Schraube ohne Ende, Zahnradverbindungen, Differentialflaschenzug u. s. w. angewandt.

Über die Darstellung von Phosphorwasserstoff.

Von

Dr. R. Lüpke in Berlin.

Die meisten der in der Litteratur bekannten Verbindungen des Phosphors mit den Metallen entwickeln bei der Behandlung mit Wasser oder Säuren Gase, die um so mehr Phosphorwasserstoff enthalten, je reiner die betreffenden Phosphide sind. Als ich im vergangenen Winter mit der Analyse des Phosphorzinns, wie solches von den Zinnwerken für die Bronzeindustrie geliefert wird, beschäftigt war, machte sich beim Erhitzen desselben mit Salzsäure der Geruch nach Phosphorwasserstoff sehr deutlich bemerkbar. Es lag daher die Vermutung nahe, dass sich das Phosphorzinn resp. andere Metallphosphide zur Darstellung des Phosphorwasserstoffs für Unterrichtszwecke eignen würden, und da zu erwarten war, dass eine solche Darstellungsweise mancherlei Vorzüge vor dem bisher gebräuchlichen, vom gelben Phosphor und der Kalilauge ausgehenden Verfahren bieten würde, so stellte ich mir die Aufgabe, die Phosphide in dieser Hinsicht näher zu prüfen.

Wie die Litteratur zeigt, giebt es sehr verschiedene, mehr oder weniger complizierte Wege, die Phosphide der Metalle herzustellen. Für den Unterricht können nur die einfachsten derselben in Betracht kommen, und so fragt es sich zunächst, von welchen Metallen sich die Phosphide ohne Schwierigkeit auf direktem Wege womöglich im Unterricht selbst erhalten lassen. Die folgenden Untersuchungen beziehen sich auf die Phosphide von Zinn, Zink, Eisen, Kupfer, Magnesium und Natrium, also von Metallen, die billig zu haben sind und mit Berücksichtigung ihres Verhaltens gegen Wasser oder Säuren eine Darstellung von Phosphorwasserstoff aus ihren Phosphiden grösstenteils erwarten lassen.

1. Darstellung der Phosphide.

Phosphorzinn. — Von einer Zinnstange schlage man einige Stücke des Metalls, etwa 100 g, ab und bringe sie in einem bedeckten Porzellan- oder Chamottetiegel zum

Schmelzen. Da der Schmelzpunkt des Zinns bei 235° liegt, so genügt es, den Tiegel mit einem einfachen Bunsenschen Brenner zu erhitzen. Alsdann werfe man auf das geschmolzene Metall einige Körnchen Ammoniumcarbonat und rühre mit dem Glasstab 15 g roten Phosphor ein, bedecke den Tiegel wieder und erhitze noch einige Minuten unter dem Abzug, um überschüssigen Phosphor möglichst zu verjagen. Die Verbindung des Phosphors mit dem Zinn erfolgt beim Umrühren ohne erhebliche Wärmeentwicklung. Giesst man die Schmelze in ein Thonschälchen und lässt erkalten, so erhält man eine silberweisse Masse, die sich wegen ihrer krystallinischen Struktur mit dem Hammer leicht zerteilen lässt und einen Bruch zeigt, der an den des Zinks oder des Spiegeleisens erinnert. Dem äusseren Ansehen nach gleicht sie ganz dem von den Zinnwerken (Zwitterstocks-Gewerkschaft, Altenberg im Erzgebirge, Preis pro kg 3,50 M.) zu beziehenden Phosphorzinn und stimmt auch in ihrem Verhalten gegen Salzsäure mit demselben völlig überein.

In noch kleinerem Massstabe lässt sich dieses Phosphid darstellen, wenn man das in einer Reibschale zusammengeriebene Gemenge von 6 g gesiebttem Zinnstaub und 1 g rotem Phosphor, der nicht getrocknet zu werden braucht, in einem Reagenzglas erhitzt. Während ein kleiner Teil des Phosphors sich verflüchtigt, verbinden sich alsbald beide Elemente, aber unter so schwacher Wärmeentbindung, dass die an einem Punkte eingeleitete Verbindung sich nicht von selbst durch das ganze Gemisch fortpflanzt, man also genötigt ist, das Erhitzen fortzusetzen. Beim Zerschlagen des Reagenzglases nach völligem Erkalten zeigt sich eine graubraune, zusammengesinterte, schwach nach Phosphor riechende Masse von Phosphorzinn, die leicht in Stücke zerbrochen werden kann und sich gegen Salzsäure wie obige Schmelze verhält.

Nach GRAHAM-OTTO, *Lehrbuch der Chemie II*, S. 1287 ist in der aus Phosphor und Zinn direkt erhaltenen Masse ein Phosphid von der Formel Sn_3P_2 , in welchem auf 100 Teile Zinn etwa 17 Teile Phosphor kommen.

Phosphorzink. — Von den verschiedenen bisher beschriebenen Zinkphosphiden wird nach SCHRÖTTER (*Wien. Akad. Ber.* 1849, S. 301) auf direktem Wege das Zn_3P_2 erhalten. Erhitzt man unter einem Abzug Zinkstücke im Tiegel über die bei 433° liegende Schmelztemperatur mittelst des Fletcher'schen Gas-Injektor-Ofens und fügt unter stetem Umrühren roten Phosphor zur Schmelze, so verbrennt, auch wenn letztere vorher mit Ammoniumcarbonat bedeckt ist, ein grosser Teil des Phosphors mit lebhafter Flamme, der übrige Phosphor verbindet sich mit dem Zink zu einer glanzlosen, graubraunen, porösen Masse von der Zusammensetzung Zn_3P_2 . Um das ganze Zink in diese Verbindung überzuführen, muss man jedoch wiederholt roten Phosphor nachschütten und denselben durch Umrühren mit der Zinkschmelze in innige Berührung bringen. Die Herstellung des Phosphorzinks nach dieser Methode ist also wesentlich schwieriger als die entsprechende des Phosphorzinns.

Es ergibt sich eine weit grössere Ausbeute an Phosphorzink, und zwar auf leichterem Wege, bei der Anwendung von Zinkstaub. Man mische 19 g desselben entsprechend der Formel Zn_3P_2 mit 6 g rotem Phosphor innig zusammen und erhitze das Gemisch im bedeckten Tiegel erst mit Hilfe eines Bunsenschen Brenners, dann mittelst der Gebläseflamme. Nach dem Erkalten stülpt man den Tiegel um und erhält das Phosphorzink als eine feste zusammengesinterte Masse, die mit dem Hammer leicht zerschlagen werden kann. Sie gleicht dem äusseren Aussehen nach ganz dem Phosphorcalcium. Auch im Reagenzglas lässt sich dieser Versuch ausführen. Man fülle dasselbe jedoch nur bis zu einem Fünftel mit dem Gemisch an, befestige es in horizontaler Richtung mittelst einer Klemme und erhitze es, nachdem man über dem Gemisch mit Hilfe einer Stricknadel einen Canal angebracht hat. Die Elemente verbinden sich unter geringer Wärmeentwicklung, die sich im Dunkeln als ein schwaches Glimmen zu erkennen giebt und nicht genügt, damit der Process, einmal eingeleitet, von selbst durch die ganze Masse fortschreiten könnte. Ein Teil des Phosphors verdampft und lässt im Dunkeln die Erscheinung der Phosphorescenz sehr deutlich wahrnehmen. Enthält aber das Gemisch mehr Phosphor, als dem angegebenen Ver-

hältnis entspricht, so kann die Reaktion so intensiv werden, dass die Masse teilweise aus dem Gefäss herausgeschleudert wird. Das Produkt ist poröser als das im Tiegel erhaltene und zerfällt beim Zerdrücken leicht zu Staub. Salzsäure wirkt auf dasselbe energischer ein als auf die Tiegelmasse.

Phosphoreisen. — Nach SCHRÖTTER (*Wien. Akad. Ber.* 1849, S. 301) verbindet sich fein verteiltes Eisen mit Phosphordampf zu dem Phosphid FeP . Ein Gemisch von Ferrum pulveratum und rotem Phosphor, in welchem gemäss der Formel FeP auf 9 g des ersteren 5 g des letzteren kommen, verhält sich beim Erhitzen im Reagenzglas wie das Gemisch von Eisen und Schwefel. Wird das jenes Gemisch enthaltende Reagenzglas an einem Punkte bis zur Verbindungstemperatur erhitzt, so pflanzt sich der Process unter lebhafter, weithin sichtbarer Glüherscheinung von selbst durch die ganze Masse fort. Das so erhaltene Phosphid ist eine bläulichgraue, zusammengesinterte Masse.

Phosphorkupfer. — Auf direktem Wege entstehen mehrere Phosphide des Kupfers, unter denen nach MARGGRAF eines die Zusammensetzung Cu_3P_2 hat. Bringt man etwas roten Phosphor auf den Boden eines Reagenzglases und füllt letzteres mit blanken Kupferspänen, so überzieht sich dieselbe, ohne ins Glühen zu geraten, beim Erhitzen des Phosphors mit einer grauen Schicht von Phosphorkupfer. Die Verbindung erfolgt vollständiger, wenn man ein Gemisch von 1 g rotem Phosphor und 6 g gesiebttem Kupferstaub, den man durch Reduktion von Kupferoxyd im Wasserstoffstrom erhalten hat, im Reagenzglas oder im Tiegel erhitzt. Die Elemente vereinigen sich unter schwacher Glüherscheinung zu einer blaugrauen, porösen Masse.

Phosphormagnesium. — Die Verbindung Mg_3P_2 entsteht nach PARKINSON (*J. pr. Chem.* 101, S. 377) unter lebhafter Wärmeentwicklung, wenn man Magnesiumfeilspäne mit rotem Phosphor rasch zum Rotglühen erhitzt. Doch gelangt man nicht zum Resultat, wenn das Gemisch von Magnesiumpulver und rotem Phosphor im Verhältnis 1 : 1 im Reagenzglas der Flamme eines Bunsenschen Brenners ausgesetzt wird. Die Reaktion ist so lebhaft, dass unter blitzartiger Lichterscheinung die ganze Masse aus dem Gefäss herausgeschleudert wird. Selbst das Erhitzen des Gemisches in einem Kugelrohr, durch welches Wasserstoff geleitet wird, hat dasselbe Ergebnis. Dagegen erhält man das Phosphormagnesium, wenn man kompaktes Magnesium mittelst des Fletcher'schen Ofens in einem Salamandertiegel zum Schmelzen bringt (gegen 500°) und unter Umrühren roten Phosphor in die zähflüssige Masse einträgt. Die Reaktion ist äusserst lebhaft. Ein grosser Teil beider Elemente entweicht dem Tiegel unter lebhafter Verbrennungserscheinung. Das zurückbleibende Phosphid hat die Form einer grauen, porösen, leicht zu Staub zerreiblichen Masse, die in wohl verschlossenen Gefässen aufbewahrt werden muss, da sie sich an feuchter Luft leicht zu Magnesiumphosphat oxydieren soll.

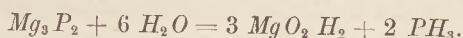
Phosphornatrium. — Die Phosphide der Alkalien und alkalischen Erden hat VIGIER (*Ann. Chem. Pharm.* 122, S. 331) aus den Elementen erhalten, indem er dieselben unter Petroleum zusammenschmolz. Die Darstellung des Phosphornatriums nach dieser Methode ist nur mit grösster Vorsicht ausführbar. Unter einem Abzug erhitze man in einer eisernen Schale Baumöl bis auf 150° und setze, nachdem man die Flamme entfernt hat, auf das heisse Öl eine Porzellanschale mit Petroleum, in welchem man einige Natriumstücke schmelzen lässt. Alsdann füge man nach und nach wohl getrockneten gelben Phosphor hinzu und bringe denselben mittelst eines Rührstabs mit dem Natrium in Berührung. Es geht eine lebhafte Reaktion vor sich. Da durch etwa herausgeschleuderte Partikelchen das Petroleum in Brand geraten könnte, so halte man für diesen Fall eine grössere Schale bereit, mit welcher man das Petroleum enthaltende Gefäss bedecken kann.

Das Phosphornatrium ist eine schwarze krümelige Masse. Dieselbe muss unter Petroleum aufbewahrt werden, denn sie entzündet sich an der Luft von selbst.

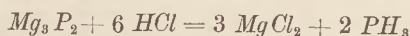
2. Verhalten der Phosphide gegen Wasser und Säuren.

Die in angegebener Weise erhaltenen Phosphide der Schwermetalle Zinn, Zink, Eisen und Kupfer werden vom Wasser nicht angegriffen. Das Phosphormagnesium und Phosphornatrium dagegen erzeugen mit Wasser eine Entwicklung von Phosphorwasserstoff.

Übergiesst man in einem Reagenzglas ein erbsengrosses Stück Phosphormagnesium mit Wasser, so entweicht, obwohl das angewandte Magnesium kaltes Wasser nur in geringem Grade zersetzt, unter Wärmeentwicklung Phosphorwasserstoff, der an dem ihm eigentümlichen Geruch nach faulen Fischen und an der Schwärzung eines mit Silbernitratlösung getränkten Papierstreifens sich zu erkennen giebt. Das Gas entzündet sich an der Luft nicht von selbst, sondern erst beim Annähern einer Flamme und verbrennt dann mit intensivem Licht und unter Bildung eines weissen Rauches von Phosphorperoxyd, während sich aus Mangel an Sauerstoff ein Teil des Gases vor der Mündung des Reagenzglases unter Ausscheidung eines gelbbraunen Phosphorbeschlages an der Wandung desselben zersetzt. Das entweichende Gas hat also die Formel PH_3 und entsteht nach der Gleichung



Da sich Magnesiumhydroxyd auf dem Phosphid niederschlägt, so lässt die Gasentwicklung bald nach und kann auch durch Erwärmen nicht erheblich wieder gefördert werden. Dagegen genügen einige Tropfen Salzsäure, um reichlich nach der Gleichung

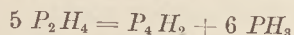


nicht selbstentzündlichen Phosphorwasserstoff wieder zu entbinden.

Aus dem das Phosphornatrium enthaltenden Stüpselglas nehme man mit einem Porzellanlöffel eine kleine Menge des Phosphids heraus, trockne es schnell auf Fliesspapier und werfe es auf Wasser, das sich in einer Porzellanschale befindet. Der Process verläuft wie beim Phosphorcalcium, abgesehen davon, dass das Phosphornatrium auf dem Wasser schwimmt. Auch macht sich wie bei diesem Phosphid der unangenehme Geruch sehr deutlich bemerkbar. Man beobachtet einzelne, mehr oder weniger grosse Flammen, deren Bildung man durch Umrühren der Flüssigkeit mittelst eines Glasstabes befördert, und nach einiger Zeit schwimmt auf dem Wasser eine braune Haut von festem Phosphorwasserstoff P_4H_2 . Setzt man nach Analogie mit dem CaP die Formel des Phosphornatriums Na_2P , so ergibt sich die Gleichung

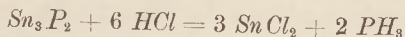


Ein grosser Teil des selbstentzündlichen P_2H_4 zerfällt aber nach der Gleichung



in festen P_4H_2 und nicht selbstentzündlichen PH_3 , der jedoch bei Anwesenheit kleiner Mengen von P_2H_4 verbrennt. Beiden Gleichungen liegt die über die Natur der drei Phosphorwasserstoffe jetzt allgemein angenommene Ansicht von PAUL THÉNARD (*Ann. Chem. Pharm.* 55, S. 27) zu Grunde.

Die übrigen hier in Betracht kommenden Phosphide geben mit Wasser keine Reaktion. Dagegen löst sich das Phosphorzinn in Salzsäure nach der Gleichung



unter Bildung von nicht selbstentzündlichem Phosphorwasserstoff auf. Man führe den Versuch in einem Reagenzglas oder einer Porzellanschale aus. Lässt die Entwicklung nach, so erwärme man auf dem Wasserbad, jedoch nicht über 60° , da sich sonst dem Phosphorwasserstoff zu viel Chlorwasserstoff beimischen würde. Ist die Säure nicht zu concentrirt, also die Gasbildung nicht zu stürmisch, so nehmen die auf der Flüssigkeit schwimmenden Gasblasen allmählich die Grösse von 1 bis 2 ccm an und verbrennen dann beim Berühren mit einem heissen Glasstab unter intensiver Lichtentwicklung und Bildung eines dicken Rauchringes. Da immer ein Teil des roten Phosphors beim Einrühren desselben in ge-

schmolzenes Zinn der Verbindung mit dem Zinn entgeht, so bleibt er in Form eines braunen Pulvers im Rückstand. Auch hinterbleibt in der Regel nach der Behandlung des Phosphorzinns in Salzsäure eine geringe Menge metallisch glänzender Schüppchen. Die Lösung derselben in Königswasser wird durch stundenlanges Einleiten von Schwefelwasserstoff nur schwach getrübt und auch durch Schwefelammonium nicht gefällt. Dagegen zeigt sie mit Ammoniummolybdat eine deutliche Phosphorsäurereaktion. Es liegt daher die Vermutung nahe, dass jene Schüppchen die metallische Modifikation des Phosphors darstellen, wie dieselben von HITTORF (*Pogg. Ann.* 126, S. 193) durch Erhitzen von gewöhnlichem Phosphor mit Blei bis zur Rotglut in einer verdünnten Kohlensäureatmosphäre erhalten wurden. Eine andere bemerkenswerte Erscheinung kann beim Übergießen des Phosphorzinns mit roher Salzsäure eintreten. Füllt man mit der letzteren einen Reagierkelch und wirft einige Stücke Phosphorzinn hinein, so färbt sich die Flüssigkeit infolge der Ausscheidung eines fein verteilten Niederschlags sofort braunrot, ähnlich wie Gold aus Goldlösungen mittelst einer Eisenvitriollösung gefällt wird. Jedoch ist dieser Niederschlag nicht Phosphor, sondern Selen oder Arsen, welche aus der in der rohen Salzsäure häufig vorkommenden selenigen resp. arsenigen Säure infolge der Reduktion durch Zinnchlorür entstehen, denn auch reines Zinn sowie Zinnchlorürlösung bringen in solcher Salzsäure jene Fällung hervor.

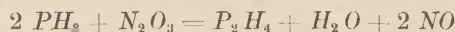
Das nach obigem Verfahren erhaltene Phosphorzinn wird schon in der Kälte von verdünnter Salzsäure wie auch von verdünnter Schwefelsäure lebhaft angegriffen unter reichlicher Entwicklung von Phosphorwasserstoff, der übereinstimmend mit den Versuchen von KNAPP (*Die Metallurgie von Percy I*, S. 501), aber gegen sonstige Angaben (*Neues Handwörterbuch der Chemie von H. v. Fehling V*, S. 465) nicht selbstentzündlich ist.

Dagegen werden Phosphoreisen und Phosphorkupfer durch kalte Salzsäure nicht beeinflusst. In der Siedhitze werden nur Spuren von Phosphorwasserstoff frei. In betreff des Phosphorkupfers bietet diese Erscheinung nichts Auffälliges, da auch das metallische Kupfer der Salzsäure Widerstand leistet. Vom Phosphoreisen indessen hätte man erwarten können, dass es mit Salzsäure Phosphorwasserstoff bilde, sowie das Schwefeleisen mit Salzsäure Schwefelwasserstoff entwickelt. Von einer Erklärung dieses Verhaltens des Phosphoreisens aus thermochemischen Daten muss aber Abstand genommen werden, denn die bei der Einwirkung der Salzsäure auf Phosphoreisen etwa auftretende Reaktionswärme lässt sich nicht berechnen, da die Bildungswärme des Phosphoreisens noch unbekannt ist. Jedenfalls dürfte die letztere, wie aus dem lebhaften Glühen bei der Verbindung des Eisenpulvers mit rotem Phosphor zu schliessen ist, bedeutend gross sein, so dass die Differenz aus der Summe der Bildungswärmen von Eisenchlorür und Phosphorwasserstoff und der Summe der Bildungswärmen von Phosphoreisen und Salzsäure nur einen geringen positiven, wenn nicht negativen Wert ergeben würde.

3. Darstellung des Phosphorwasserstoffs.

Aus der vorstehenden Erörterung des Verhaltens der Phosphide gegen Wasser resp. Säuren folgt, dass für die Darstellung von Phosphorwasserstoff in grösseren Mengen nur die Phosphide von Magnesium, Zinn und Zink in Betracht kommen können.

Ganz im Kleinen lassen sich die Versuche im Reagenzglas ausführen. Erbsengrosse Mengen der Phosphide genügen für die Versuche in der Porzellanschale, die man bei Anwendung des Phosphorzinns mittelst des Wasserbades auf 60° erwärmt. Das Auftreten des Phosphorwasserstoffs wird durch den Geruch erkannt und auch durch die Schwärzung eines mit Silbernitratlösung getränkten Papierses sowie durch Entzünden mittelst eines heissen Glasstabes nachgewiesen. Besser noch erzielt man eine regelmässige Entzündung der Blasen, indem man in die Schale einige Tropfen rohe Salpetersäure giesst. Die salpetrige Säure oxydiert nach der Gleichung

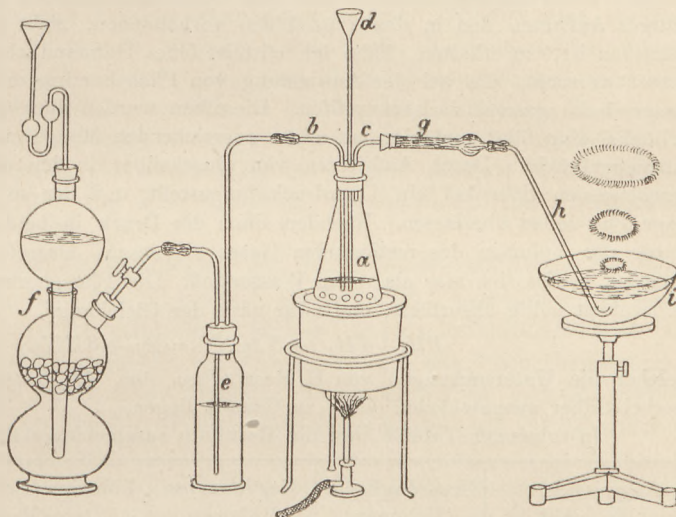


einen Teil des nicht selbstentzündlichen Phosphorwasserstoffs zu selbstentzündlichem $P_2 H_4$, welcher die Entzündung des nicht selbstentzündlichen Gases veranlasst. Man kann es

bei Innehaltung bestimmter Concentrationen der Säuren leicht dahin bringen, dass sich grosse Gasblasen ansammeln, die dann mit 6 bis 8 cm langen Flammen und prächtigen Rauchringen verbrennen. Bei der Benutzung des Phosphorzinns hat man darauf zu achten, dass die Temperatur nicht über 60° steigt, und dass zu je 35 cem concentrirter Salzsäure nicht mehr als 1 cem rohe Salpetersäure zugefügt wird. Andrenfalls wird Chlor frei, welches den Phosphorwasserstoff sehr bald zu Phosphorsäure oxydiert.

Besser verläuft die Erscheinung, wenn man die Prozesse der Bildung des nicht selbstzündlichen Gases und der Überführung desselben in selbstzündliches mittelst roher Salpetersäure getrennt hält. Man construiriere zu dem Zweck folgenden Apparat, der sich zunächst auf die Benutzung des Phosphorzinns beziehen soll.

In einen auf ein Wasserbad gesetzten Erlenmeyer'schen Kolben *a* von 200 bis 300 cem Inhalt bringe man 3 bis 5 g Phosphorzinn und verschliese den Kolben mit einem dreifach durchbohrten Kork, der die Röhren *b* und *c* und das Trichterrohr *d* trägt. Mit der Röhre *b* wird eine Waschflasche *e* und mit dieser ein Kipp'scher Apparat *f* verbunden, in welchem Kohlensäure zu entwickeln ist. An die Röhre *c* schliesse man ein Chlorcalciumrohr *g*, welches Glaswolle enthält, und an dieses die Gasentbindungsröhre *h*, welcher eine Glasschale *i* vorgelegt wird.



Zur Ausführung des Versuchs erhitze man das Wasserbad bis nahe zum Sieden des Wassers, giesse in die Schale *i* rohe Salpetersäure, bis sich die Mündung der Röhre *h* etwa 2 cm unter dem Niveau der Säure befindet. Alsdann bedecke man die Öffnung des Trichterrohres *d* mit einem Glasdeckel, leite Kohlensäure durch den ganzen Apparat und giesse, nachdem sämtliche Luft ausgetrieben ist, durch *d* Salzsäure (spec. Gew. 1,104) ein. Die Entwicklung von Phosphorwasserstoff beginnt sofort, und wenn die Kohlensäure aus dem Kolben *a* grösstenteils wieder verdrängt ist, verbrennen die auf der Salpetersäure sich ansammelnden Glasblasen mit lebhafter Lichterscheinung und prächtiger Rauchringbildung. Der Versuch geht nunmehr $\frac{1}{2}$ bis 1 Stunde so fort, ohne dass er irgend welche Aufsicht beansprucht. Nur hat man, falls die Gasentwicklung nachlässt, einige Minuten lang das Wasserbad wieder zu erhitzen.

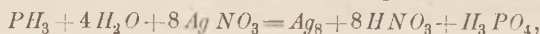
Das Rohr *g* hat den Zweck, durch die Glaswolle etwa mitgerissenen Phosphor zurückzuhalten und so den Zweifel zu beseitigen, als ob im Kolben *a* nur Wasserstoff entstände, der vermöge eines Phosphorgehalts von der Salpetersäure entzündet würde.

Obwohl das im Kolben *a* sich bildende Gas nicht selbstentzündlich ist, so darf man das Einleiten von Kohlensäuren doch nicht unterlassen, da sich sonst die mit Luft gemengte Gasmasse durch die im unteren Ende des Rohres *h* befindliche Salpetersäure gleichsam wie durch eine Flamme entzünden, und die Entzündung sich in den Kolben *a* fortpflanzen und eine Explosion bewirken könnte. Bevor man den Versuch abbricht, öffnet man den Hahn des Kipp'schen Apparates nochmals, um ganz allmählich sämtlichen Phosphorwasserstoff aus dem Kolben *a* zu verjagen; gerade in diesem Augenblick sind die Flammen und Rauchringe besonders gross. Anstatt die Kohlensäure im Kipp'schen Apparat zu entwickeln, liesse sie sich auch im Kolben *a* selbst erzeugen, wenn man demselben vor dem Eingiessen der Salzsäure etwas Sodalösung zusetzen würde.

Bedient man sich des Phosphorzinks, das man zu diesem Versuch am besten im Tiegel mit Hilfe der Gebläseflamme erhält, so vereinfacht sich der Apparat, indem das Wasserbad fortfällt. Ferner hat man nicht nötig, beim Durchleiten der Kohlensäure das Trichterrohr mit einer Glasplatte zu verschliessen, sondern füllt vorher den Kolben a $\frac{1}{3}$ mit Wasser an.

Falls man Phosphormagnesium benutzt, unterbleibt die Anwendung des Wasserbades ebenfalls. Nachdem die Luft aus dem Apparat verjagt ist, wird schon beim Eingiessen von Wasser durch das Rohr d die Gasbildung eintreten, die dann durch Zusatz von Salzsäure weiter gefördert werden muss¹⁾.

1) Um ein ungefähr richtiges Urteil über die nach diesem Verfahren entstehenden Mengen von Phosphorwasserstoff und das Verhältnis desselben zum Wasserstoff, dessen gleichzeitiges Auftreten den in den Phosphiden vorhandenen, nicht gebundenen Metallmengen zuzuschreiben ist, zu erhalten, habe ich mittelst eines Hofmann'schen, U förmigen Vorlesungsaudiometers versucht, die bei der Anwendung von Phosphorzinn und Phosphorzink frei werdenden Gasgemische gasometrisch zu prüfen. Dieselben wurden über Quecksilber in den geschlossenen Schenkel eingeführt und hier mit einer ausreichenden Menge einer Silbernitratlösung (1:10) zusammengebracht. Durch Aufgiessen von Quecksilber in den offenen Schenkel wurde nun im geschlossenen Schenkel ein Überdruck hergestellt, und der so vorgerichtete Apparat mehrere Tage sich selbst überlassen. Nachdem dann der Druck in beiden Schenkeln ausgeglichen war, wurde das Volumen des restierenden Gases abgelesen. Dasselbe verbrannte mit fast farbloser Flamme, erwies sich also als reiner Wasserstoff. Der Phosphorwasserstoff dagegen war von dem Silbernitrat völlig absorbiert, und zwar nach der Gleichung:



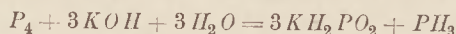
welcher die Untersuchungen von H. ROSE (*Pogg. Ann.* 14, S. 184 und 24, S. 318), nach denen hierbei Silber ausgeschieden wird, zu Grunde liegen.

In folgender Tabelle sind die Resultate zusammengestellt:

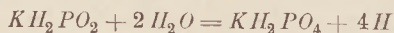
Angewendetes Phosphid	Ursprüngliches Volumen	Restierendes Volumen	Volumprocent PH_3 berechnet	Verhältnis des Phosphids zum freien Metall
Phosphorzinn . . .	58,8 ccm	40,8 ccm	30	44% Sn_3P_2 : 56% Sn
Phosphorzink . . .	65,3 „	8,4 „	87	93% Zn_3P_2 : 7% Zn

Hier ist auch das Verhältnis des Phosphids zum freien Metall angegeben, welches berechnet ist unter Vernachlässigung der kleinen Mengen freien Phosphors und unter der Voraussetzung, dass den Phosphiden die angenommenen Formeln zukommen. Überhaupt sind jene Daten nur Näherungswerte, da die durch die Temperatur- und Druckverhältnisse sowie durch die Tension des Wasserdampfes bedingten Korrekturen unterblieben. Es geschah dies deshalb, weil der Methode der Absorption des Phosphorwasserstoffs durch Silbernitratlösung ohnehin unverkennbare Mängel anhaften, namentlich insofern es schwierig ist, das restierende Volumen genau zu bestimmen. Dasselbe wird infolge der nicht unbedeutlichen Silberausscheidung an der Glaswandung oberhalb des Flüssigkeitsniveaus immer etwas zu gross gefunden, so dass sich die wirkliche Ausbeute an Phosphorwasserstoff noch höher stellt. Immerhin genügen die Resultate für den vorliegenden Fall.

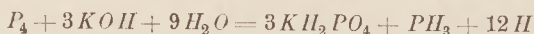
Stellt man den Phosphorwasserstoff durch Erhitzen des gewöhnlichen Phosphors mit Kalilauge nach der Gleichung:



dar, so tritt auch hier eine bedeutende Menge freien Wasserstoffs auf, die von der Reduktionskraft des unterphosphorigsauren Kaliums herrührt. Seine Entstehung dürfte durch die Gleichung:



zu veranschaulichen sein, so dass die Gesamtreaktion durch die Gleichung:



auszudrücken wäre. In der That enthält nach A. W. HOFMANN (*Deutsch. Chem. Ges. Ber.* 1871, S. 200) das mittelst mässig concentrirter, wässriger Kalilauge erhaltene Gas nur 15, das mittelst concentrirter Kalilauge erhaltene 30 bis 35 und das mit alkoholischer Kalilauge erhaltene 45 Volumprocent Phosphorwasserstoff.

4. Vorteile des Verfahrens der Darstellung des Phosphorwasserstoffs mittelst der Phosphide.

Bisher stellte man den Phosphorwasserstoff im Unterricht gewöhnlich auf zwei Arten dar, entweder durch Kochen von gewöhnlichem Phosphor mit Kalilauge oder durch Eintragen von Phosphorcalcium in Wasser oder verdünnte Salzsäure. Offenbar bedarf die Darstellung nach dem ersten Verfahren grosser Vorsicht, denn einerseits könnte der auf einem Sandbad zu erhitzende Entwicklungskolben zerspringen, infolgedessen brennender Phosphor umhergeschleudert würde, andererseits darf man den Kolben, falls man nicht die Luft aus demselben vor dem Erhitzen durch Kohlensäure verdrängen will, nicht zu früh mit dem die Entbindungsröhre tragenden Kork verschliessen, und drittens hat man bestimmte Temperaturen und gewisse Concentrationsgrade der Lauge innezuhalten, wenn nicht der Inhalt des Kolbens überschäumen soll. Wendet man dagegen die Phosphide von Magnesium, Zinn oder Zink an, von denen das letztere den Vorzug verdient, so sind die Gefahren weit geringer, wenn man überhaupt von solchen reden will.

Was ferner das Phosphorcalcium betrifft, so ist dasselbe ein Körper, zu dessen Herstellung grosse Vorsicht und kostspielige Apparate erforderlich sind. Ausserdem ist es wenig beständig und verbreitet bei seinem Gebrauch einen äusserst unangenehmen Geruch. Von diesen Mängeln aber sind jene Phosphide, abgesehen von der Unbeständigkeit des Magnesiumphosphids, völlig frei.

Zu den Vorteilen, welche die Darstellung des Phosphorwasserstoffs aus den Phosphiden des Magnesiums, Zinns oder Zinks gewährt, ist ferner der Umstand zu rechnen, dass die Unterscheidung von nicht selbstentzündlichem und selbstentzündlichem Gas keinerlei Schwierigkeiten bietet, da nur der nicht selbstentzündliche Phosphorwasserstoff entsteht, der aber durch rohe Salpetersäure beliebig selbstentzündlich gemacht werden kann. Nicht zu unterschätzen ist sodann die beträchtliche Ausbeute an Phosphorwasserstoff, die namentlich das Phosphorzink liefert.

Was schliesslich die vorliegende Darstellungsart besonders auszeichnet, ist ihr methodischer Wert. Sie zeigt, dass man die Verbindung des Phosphors mit dem Wasserstoff in entsprechender Weise wie sonst die Verbindungen des Wasserstoffs mit den Nichtmetallen (Ammoniak ausgenommen) herstellen kann. Sowie die Wasserstoffverbindungen der Halogene aus den Haloidsalzen und Schwefelsäure, Schwefelwasserstoff aus Metallsulfiden und Säuren, Arsenwasserstoff aus Zinkarsenid und Schwefelsäure, so wird auch Phosphorwasserstoff aus Metallphosphiden und Säuren erhalten. Die Abweichung von der generellen Methode der Darstellung der Verbindungen des Wasserstoffs mit den Nichtmetallen, wie sie das bisher gebräuchliche Verfahren des Erhitzens von gewöhnlichem Phosphor mit Kalilauge in sich schliesst, wird also durch das vorliegende Verfahren vermieden, und es wird so eine Lücke ausgefüllt, die für den Schüler etwas Befremdendes haben musste. Wegen seiner Einfachheit und Übersichtlichkeit ist der Versuch der Darstellung von Phosphorzink aus Zinkstaub und rotem Phosphor und der Bildung von Phosphorwasserstoff aus dem erhaltenen Phosphorzink und Salzsäure sogar in der Einleitung in den chemischen Unterricht zu empfehlen, wenn es gilt zu zeigen, dass eine chemische Verbindung substanziell verschieden ist von ihren Elementen, denn das metallische Zink giebt mit Salzsäure farblos und rauchlos brennenden Wasserstoff, während die durch Übergiessen des Phosphorzinks mit Salzsäure erhaltenen Gasblasen beim Berühren mit einem heissen Glasstab unter heller Lichterscheinung und Rauchbildung verbrennen. Auch liesse sich der Versuch als Beispiel für die Wirkung des sogenannten Status nascens anführen, insofern ein Gemisch von Zink und Phosphor mit Salzsäure nur Wasserstoff, die Verbindung beider aber Phosphorwasserstoff ergiebt, der aus den Wasserstoff- und Phosphoratomen im Moment ihres Freiwerdens entsteht.

5. Bedeutung der Phosphide in der Technik.

Auch die hohe Bedeutung gewisser Metallphosphide in der chemischen Technik dürfte Grund genug sein, dieselben im Unterricht vorzuführen. Man hat darauf hinzu-

weisen, dass der Phosphor in der Metallurgie des Eisens grosse Störungen veranlasst, insofern das Phosphoreisen dem Eisen die nachteilige Eigenschaft beilegt, in der Kälte zu zerreißen, dass er dagegen in der Bronzeindustrie ganz Vorzügliches leistet. Seit der Erfindung der Phosphorbronze durch C. Künzel im Jahre 1871 wird ja dieselbe als Geschützmetall, Glockengut, Kunstbronze, Axenlagermetall, als Metall zu Hähnen und Kesselarmaturen in grossem Masse hergestellt und verarbeitet. Es hat sich gezeigt, dass die Legierung von 90 Teilen Kupfer und 9 Teilen Zinn, wenn dieselbe nur 0,5 bis 0,75 Teile Phosphor enthält, vor der gewöhnlichen Bronze bedeutende Vorzüge voraus hat, die in der schöneren Farbe, der höheren Elasticität, Festigkeit und Härte, sowie in der leichteren Giessbarkeit und genaueren Ausfüllung der Form bestehen. Dazu kommt, dass sich diese Eigenschaften je nach dem zu erfüllenden Zweck durch einen grösseren oder geringeren Phosphorgehalt variieren lassen.

Man erwähne ferner, dass der verbessernde Einfluss der so geringen Phosphormengen auf die Bronze aller Wahrscheinlichkeit nach auf der den Sauerstoff bindenden Kraft des Phosphors beruht. Bei der Herstellung der gewöhnlichen Bronzen nämlich absorbiert das Kupfer in der Schmelzhitze reichlich Sauerstoff aus der Luft und geht zu nicht geringen Mengen in Kupferoxydul über. Beim Abkühlen des Gusses aber wird das letztere teilweise wieder zerlegt, der frei gewordene Sauerstoff giebt mit der in dem Schmelzraum gewöhnlich vorhandenen Kohle Kohlenoxydgas oder bleibt als solcher in dem erstarrenden Guss zurück. Dadurch aber wird letzterer blasig, und infolge dessen sowie durch das noch unzersetzte Kupferoxydul leiden die Eigenschaften der Bronze ganz erheblich, wozu auch der Umstand beiträgt, dass die Legierung nach dem Erkalten an verschiedenen Stellen eine verschiedene Zusammensetzung hat, eine Erscheinung, die man Entmischung genannt hat. Diese Übelstände werden nun zum grossen Teil durch den Phosphor beseitigt, indem derselbe einerseits den Sauerstoff absorbiert und mit ihm als Phosphorsäure in die Schlacke übergeht, andererseits die Schmelze so dünnflüssig macht, dass etwa noch vorhandene Gase während des Erstarrens leichter entweichen können. Ferner zeigt das Phosphorbronzestück in allen seinen Teilen eine homogene Zusammensetzung.

Was die Einzelheiten in der Gewinnung der Phosphorbronze anbetrifft, so sind dieselben Fabrikgeheimnis. Immerhin dürfte der Phosphor nicht direkt der Schmelze zugefügt werden, sondern man wird sich eines 5 bis 10% Phosphor enthaltenden Phosphorkupfers oder Phosphorzinns bedienen, wie solche von den Hütten geliefert werden.

6. *Synthese des Phosphorwasserstoffs.*

Es ist zum Schluss noch die Frage zu entscheiden, ob sich der Phosphor mit dem Wasserstoff direkt verbinden lässt, wie es mit einigen anderen Nichtmetallen z. B. Chlor und Schwefel der Fall ist. Bringt man Stückchen Phosphor zu Zink und verdünnter Schwefelsäure, so nimmt der innere Flammenkegel der Wasserstoffflamme eine grünliche Färbung an, ebenso wenn man Wasserstoff vor dem Anzünden durch ein Rohr leitet, in welchem sich gewöhnlicher Phosphor befindet. Doch ist es zweifelhaft, ob man hier von einer Phosphorwasserstoffbildung reden kann; die Angaben in der Litteratur widersprechen einander. Jedenfalls sind die Mengen sich etwa bildenden Phosphorwasserstoffs zu gering, als dass eine Entzündung in roher Salpetersäure eintritt.

Dagegen ist es sicher, dass Phosphorwasserstoff entsteht, wenn man eine concentrirte Lösung von phosphorigsaurem oder unterphosphorigsaurem Natrium oder auch die freien Säuren in einen Wasserstoffentwickler bringt. Es macht sich dann der Geruch nach Phosphorwasserstoff sehr deutlich bemerkbar, und ein mit Silbernitratlösung getränkter Papierstreifen wird, selbst wenn man das Glas mit Wasser wäscht und ein mit Ätzkali-stücken gefülltes Rohr passieren lässt, sofort geschwärzt. Jedoch sind die Mengen an Phosphorwasserstoff immer noch so gering, dass man beim Entzünden des aus einer Platinspitze ausströmenden Gases nur eine grünliche, schwach leuchtende Flamme wahrnimmt und beim Einleiten in rohe Salpetersäure nur schwache Rauchringe, aber keine Flamme

beobachtet. Der Versuch ist der Darstellung des Arsenwasserstoffs im Wasserstoffentwickler unter Zusatz von Arsenlösungen ganz analog, und da auch eine Abscheidung von bräunlichem Phosphor leicht eintritt, wenn man in die grünlich gefärbte Flamme eine mit kaltem Wasser gefüllte, aussen glasierte Schale hält, so dürfte sich die Ausführung auch dieses Versuchs in der Schule empfehlen.

Bemerkungen zu Mühlenbein's Schulapparat für die Demonstration der Wechselwirkung galvanischer Ströme.

Von

Bruno Kolbe in St. Petersburg.

Der von MÜHLENBEIN (*d. Zeitschr. I 1888 S. 202*) beschriebene Apparat zeigt die Wechselwirkung zwischen zwei galvanischen Strömen oder zwischen einem galvanischen Strom und den Ampère'schen Strömen in Magneten ausserordentlich anschaulich, ist dabei bequem zu handhaben und versagt nicht (was beim Ampère'schen Gestell leicht vorkommt). MÜHLENBEIN giebt als Nebenapparate ausser dem Solenoid einen Hufeisenmagnet sowie zwei auf besonderen Ständern befestigte Stabmagnete an, die aus je 3 bis 4 Lamellen bestehn. Das hielt mich längere Zeit davon ab, den Apparat herzustellen. Schliesslich erwies sich diese complizierte Vorrichtung als völlig überflüssig. Ein, resp. zwei einfache Stabmagnete, wie sie in jedem physikalischen Kabinet vorrätig sind, genügen vollkommener. Wo ein Commutator vorhanden ist, kann in wenigen Minuten ein MÜHLENBEIN'scher Apparat in folgender Weise hergestellt werden.

Zwei Stücke Kupferdraht von 2 mm Dicke werden, wie Fig. 1 zeigt so in die Klemmschrauben des Commutators eingeschraubt und zweimal rechtwinklig gebogen, dass die freien Enden (d_1 und d_2) einander parallel in ca. 22 cm Abstand übereinander sich befinden.

Aus feinsten, möglichst glatter Zinnfolie wird ein Streifen von 5 mm Breite und 25 bis 26 cm Länge geschnitten, dessen Enden mit Gummi arabicum (oder Fischleim, Eiweiss u. s. w.) an die Drahtenden d_1 und d_2 geklebt werden, indem man letztere mit dem Klebstoff versieht und die Enden des Stanniolstreifens etwa $1\frac{1}{2}$ mal herumwickelt, sodass der Streifen schlaff herabhängt (hierbei kann d_2 zuvor herausgenommen werden). — Ueber einem Buche von passender Grösse (z. B. einem gebundenen Exemplar d. Zeitschr.) wickelt man gut isolierten Kupferdraht (von 0,6—1 mm Dicke) in 5—10 Windungen auf, schnürt die Ecken mit kurzen Stücken desselben Drahtes leicht zusammen und spannt die zu Locken aufgewickelten freien Enden des Solenoids in die Klemmschrauben eines Chromsäure-Elementes.

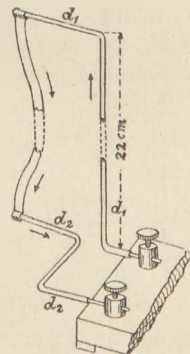


Fig. 1.

Verbindet man nun noch den Commutator mit einem zweiten Elemente, so ist der Apparat zum Gebrauch fertig und — kostet so gut wie nichts! Will man die Vorrichtung aufbewahren, so kann man die Drähte d_1 und d_2 durch 2 Löcher nahe an den Enden eines 24 cm langen Holzstäbchens führen. Dann ist's jedoch zweckmässig, die Drahtenden rechtwinklig umzubiegen (s. weiter unten Bemerkung 1).

Ausser den von MÜHLENBEIN (a. a. O.) angeführten Versuchen (wie die Anziehung gleichgerichteter galvanischer Ströme und Abstossung ungleichgerichteter Ströme sowie die Wechselwirkung zwischen Strom und Magnet) lässt sich der folgende instruktive Versuch mit einem einzigen Magnetstabe vorführen.

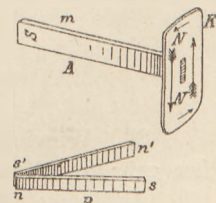


Fig. 2.

Auf das Ende eines Stabmagnets M (B, Fig. 2, A) ist ein Stück Karton (K) geschoben, auf welchem der betr. Pol (z. B. N) markiert ist. Nähert man diesen Pol von der Seite des Experimentators (also von rechts in Fig. 2) dem Blättchen, so dass die Achse des Stabes in der Ebene des Blättchens sich befindet, so wird je nach der Richtung des

Stroms das Blättchen nach der einen oder nach der anderen Seite aufgebläht. Markiert man nun auf der den Zuschauern zugewandten Seite des Kartons die Stromrichtung im Stanniolstreifen für beide Contactstellungen des Commutators (s. w. u.), so erhält man in anschaulichster Weise ein Bild von der Richtung, in welcher die hypothetischen Ampère'schen Ströme den Magneten umkreisen. (Hierbei ist natürlich vorausgesetzt, dass vorher am Solenoid gezeigt worden ist, dass das Stanniolblättchen nach der Seite ausschlägt, wo der betreffende Strom gleichgerichtet parallel ist).

Nähert man, wie beim vorhergehenden Versuch, den Magnetpol (ohne Karton) und schiebt, nachdem das Blättchen zur Seite gelenkt ist, den Magneten langsam in derselben Richtung weiter, so schlägt das Blättchen plötzlich herum, als wenn es von einem Punkte des Stabes angezogen würde. Dreht man jetzt den Commutator, so fliegt das Blättchen ab, fährt um den freien Pol herum und legt sich an die andere Seite an.

Besser als ein Hufeisenmagnet wirkt ein Doppelmagnet, dessen ungleiche Pole an einem Ende zusammenstossen, während die andern Pole durch den im Winkel (*n's*, Fig. 2 B.) eingeklemmten Zeigefinger in beliebige Entfernung gebracht werden können.

Will man, aus Bequemlichkeitsrücksichten, sich lieber einen fertigen MÜHLENBEIN'schen Apparat anschaffen, so empfiehlt es sich, folgende kleine Vervollständigungen anzubringen (Vergl. Fig. 1, *Jahrg. I, 1888, S. 202*).

1. Die Drahtarme, an welchen die Blättchen befestigt werden, müssen zuerst seitwärts (parallel der Vorderkante des Brettes) und dann erst rechtwinklig nach vorn geführt werden, damit der Stab *a* (s. a. a. O. Fig. 1) nicht das Blättchen verdecke oder das Heranführen des Magnetes erschwere.

2. Das Klötzchen mit dem Rahmen (*R* a. a. O.) sollte unten eine Nute haben, die zu einem Brettchen passt, das auf dem Grundbrett des Apparates unterhalb des Stanniolblättchens aufgeschraubt ist. Schiebt man nun den Rahmen auf, so hat er sofort die richtige Stellung zum Blättchen, wackelt nicht und fällt nicht um (etwa beim Transport); im Gegenteil, er schützt das Blättchen vor zufälligen Beschädigungen.

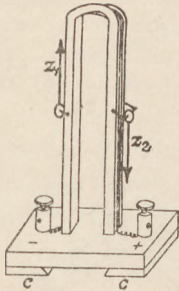


Fig. 3.

3. In der Mitte des Rahmens *R* sind zu beiden Seiten Drahtbügel angebracht, an denen 2 Zeiger aus weißem Karton, oder besser aus Neusilberblech, mit genügender Reibung drehbar sind, um in jeder Stellung zu verharren. Diese Zeiger markieren die Stromrichtung im Solenoid. (Fig. 3.)

4. An dem freien (nicht mit dem Griff versehenen) Ende der Achse des (Ruhmkorff'schen) Commutators bohre man ein schwach konisches Loch. In dieses steckt man einen passend geformten Stift, dessen anderes Ende einen Pfeil aus Neusilberblech trägt. Dieser Pfeil wird so gestellt, dass er, bei einer Drehung des Commutators, die Richtung angiebt, in welcher der Strom durch das Stanniolblättchen fließt, wenn die durch + und - markierten Klemmschrauben des Commutators mit den entsprechenden Polen des Elementes verbunden werden.¹⁾

Physikalische Aufgaben.

37. Wieviel Gramm atmosphärischer Luft enthält eine zur Hälfte mit flüssigem Äther gefüllte offene Literflasche über dem Ätherspiegel?

Auflösung: Der Flaschenraum über dem flüssigen Äther wird mit Ätherdampf gesättigt sein. Der Dampfdruck des letzteren beträgt bei Zimmertemperatur etwa 433 mm Quecksilberhöhe. Da nun der Druck in der Flasche über dem Ätherspiegel dem äusseren Atmosphärendruck gleich sein muss, so fehlen noch $760 - 433 = 327$ mm, welche von

¹⁾ O. Richter in Petersburg liefert einen solchen Apparat (mit Commutator) für 18 Rubel.

der dem Ätherdampf beigemengten atmosphärischen Luft aufgebracht werden müssen. Da $\frac{1}{2} l$ Luft von 760 mm Druck 500/773 g wiegt, so enthält die Flasche noch $(500/773) - (327/760)g = 278 \text{ mmg}$, und durch den Ätherdampf sind verdrängt worden 369 mg Luft.

R. Wronsky, Gartz a./O.

38. Wie verhält sich die Empfindlichkeit eines Favre-Silbermann'schen Quecksilber-Calorimeters zu der eines Bunsen'schen Eisschmelz-Calorimeters, wenn die Capillarröhren, die zur Messung der Volumen-Änderungen dienen, bei beiden als gleich weit vorausgesetzt werden?

Auflösung: Eine Quecksilbermenge von 1 cm, der man eine Wärmeinheit (gramm-Calorie) zuführt, dehnt sich aus um $\alpha/sc = 1/2400$ cm, wenn $\alpha = 1/5550$ den Ausdehnungs-Coefficienten für 1° C, $s = 13,6$ das spezifische Gewicht, $c = 1/30$ die spezifische Wärme bezeichnet. Geht die mitgeteilte Wärme auf eine grössere Quecksilbermenge über, so bleibt die Ausdehnung unverändert. Wird ferner einem Gemisch von Eis und Wasser eine Wärme-Einheit zugeführt, so verringert sich das Volumen der Mischung um $\frac{1}{l} \left(\frac{1}{s} - 1 \right) = \frac{1}{881}$ cm. Hier bedeutet $l = 80$ die latente Schmelzwärme, $s = 0,9167$ das spezifische Gewicht des Eises. Die Empfindlichkeit des zweiten Calorimeters ist daher etwa dreimal so gross als die des ersten.

M. Koppe, Berlin.

39. Um das tägliche Voreilen der Fixsterne zu erkennen, wurde zu Berlin im Mai d. J. an mehreren Abenden die Zeit notiert, zu welcher zwei Sterne erster Grösse, Arctur und Spica, zugleich an der vorspringenden wagerechten Dachkante eines Hauses zu stehen schienen, die eine hinlänglich gerade, der Strassenrichtung parallele, Linie bildete. Der Standpunkt wird hierbei dem Beobachter durch die Lage der Sterne vorgeschrieben, braucht also nicht durch äussere Merkmale von einem Tag zum andern festgehalten zu werden. Welche Richtung hat nun die Strasse, wenn jener Zeitpunkt am 28. Mai um 9^h 44^m abends eintrat?

Gegeben ist die Rectascension (α) und Declination (δ) beider Sterne:

α	δ
Arctur . . . 14 ^h 11 ^m	19° 45'
Spica . . . 13 ^h 19 ^m	— 10° 35'

der Unterschied zwischen Sternzeit und mittlerer Sonnenzeit = 4^h 25^m, folglich die Sternzeit $\vartheta = 14^h 9^m$; die geogr. Br. = 52° 31'.

Auflösung I: Aus der Deklination δ und dem Stundenwinkel $t = \vartheta - \alpha$ bestimme man die Horizontal-Coordinationen: h_1 und a_1 für Arctur, resp. h_2 und a_2 für Spica. Zieht man vom Auge des Beobachters eine Parallele zu der Dachkante, so trifft diese das Himmelsgewölbe in einem Punkte, welcher einerseits dem Horizontkreise, andererseits dem grössten Kreise Arctur-Spica angehört. Dieser Punkt habe das Azimut x , die beiden grössten Kreise mögen sich in ihm unter dem Winkel γ schneiden. Dann folgt aus den rechtwinkligen Dreiecken, in denen der Winkel γ den Katheten h_1 , resp. h_2 gegenüberliegt:

$$\text{tg } \gamma = \frac{\text{tg } h_1}{\sin (a_1 - x)}, \quad \text{tg } \gamma = \frac{\text{tg } h_2}{\sin (a_2 - x)}$$

woraus

$$\frac{\sin (a_1 - x)}{\sin (a_2 - x)} = \frac{\text{tg } h_1}{\text{tg } h_2}, \quad \text{oder}$$

$$\frac{\text{tg } (\frac{1}{2} (a_1 + a_2) - x)}{\text{tg } \frac{1}{2} (a_1 - a_2)} = \frac{\sin (h_1 + h_2)}{\sin (h_1 - h_2)}.$$

Man erhält für das Azimut der Strassenrichtung $x = 19^\circ$, für die Neigung der durch die Sterne und den Beobachter gelegten Ebene $\gamma = 76^\circ$.

Auflösung II: An Stelle dieser beschwerlichen Rechnung kann hier wie in vielen andern Fällen, wo es nicht auf die äusserste Genauigkeit der Astronomen ankommt, ein kurzes und viel instruktiveres Manipulieren mit zwei Figuren treten, welche Abbildungen des Gradnetzes einer Halbkugel nach stereographischer Projektion sind, wie man sie im Atlas auf den Planigloben der alten und der neuen Welt sieht, und die sich nur dadurch von einander unterscheiden, dass die eine blau auf Cartonpapier, die andere rot auf Pauspapier gezeichnet ist. Jene ist aus dem Cartonblatt sorgfältig ausgeschnitten und auf ein anderes Cartonblatt aufgezo-gen, der übrig gebliebene Cartonring ist mit dem Pauspapier bespannt, so dass die durchsichtige Zeichnung den Ausschnitt erfüllt. Legt man zwei so ausgerüstete Netze aufeinander, so kann man sie mittelst der Führung so sicher drehen, dass die Centra an einander fest zu haften scheinen. Wir denken uns diese Figuren folgendermassen entstanden: Die bekannte Armierung eines Himmelsglobus werde dadurch vervollständigt, dass auf dem Horizontring ein vollständiges Netz von Kreisen theils wachsender, theils constanter Höhe (Höhenkreisen und Almukantaraten) aus Draht aufgebaut wird. Der Meridianring teilt den Globus und zugleich auch das Netz des Gestelles in zwei Halbkugeln. Von dem Scheitel der einen projicieren wir die andere auf die Meridiane-bene. Das Horizontnetz des Gestelles und das Äquator-Netz des Globus geben dann congruente Abbildungen, ihre Pole stehen auf dem gemeinsamen Randkreise um das Complement der geographischen Breite von einander ab. Man sieht leicht, dass bei richtiger Lage beider Netze aus der Declination und dem Stundenwinkel eines Sternes die Höhe und das Azimut bestimmt werden können.

In unserem Falle lässt sich aber diese, oben in der Rechnung geforderte Coordinatentransformation umgehen. Man suche auf dem Carton-Netz die Örter der beiden Sterne mittelst ihrer Declination und des Stundenwinkels, lege auf dieses Netz das andere — welches jetzt nicht gerade ein bestimmtes Horizontal-System darstellt — und drehe es, bis ein Meridiankreis desselben durch beide Sterne hindurchgeht. Diesen Kreis halte man fest und übertrage zugleich das Zenit von Berlin vom Rande des unteren in das obere Netz. Ist dies geschehen, so bringe man das untere Netz in eine solche Lage zu dem durchsichtigen oberen, dass es das Horizontalsystem zu dem oben markierten Zenitpunkt wird. Man kann dann leicht aus ihm ersehen, welchen Abstand der Kreis Arctur-Spica vom Zenit hat (14°), und in welchem Azimut er den Horizont schneidet (19°).

M. Koppe, Berlin.

Denkaufgaben.

40. Hält man einen Gegenstand (Finger, Bleistift) dicht vor ein auf eine grössere Entfernung eingestelltes Auge, so sieht man den Gegenstand von einem Halbschatten umgeben. — Hält man in ähnlicher Weise zwei Finger (Daumen und Zeigefinger) vor das Auge und nähert sie einander immer mehr, so sieht man von den einander zugekehrten Rändern, kurz ehe man die gegenseitige Berührung fühlt, zwei undurchsichtige Erhöhungen herauswachsen, welche sich im Augenblicke der gefühlten Berührung zusammenschliessen.

Andeutung: Die Pupille ist kein mathematischer Punkt, sondern eine Fläche.

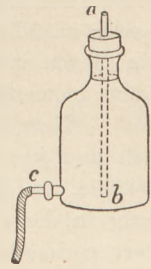
41. Bei beiden vorher angegebenen Erscheinungen zeigen sich Änderungen in den Dimensionen, wenn das Auge stark oder schwach beleuchtet wird. Woher rührt dies?

Andeutung: Verschiedene Contraction der Pupille bei ungleicher Beleuchtung.

Dr. Bertram, Bielefeld.

42. Die Öffnung b des inneren Rohres einer gefüllten Mariotte'schen Flasche stehe etwas tiefer, als die Mündung c des Ausflussrohres, sodass also die Flüssigkeit aus letzterer nicht ausfliesst. Man schiebe über c einen Kautschukschlauch, der ein ziemliches Stück herabhängt. Ist der Schlauch leer, so fliesst auch jetzt nichts aus, ist er aber mit Flüssigkeit gefüllt, so beginnt sofort ein lebhaftes Ausfliessen bis zum Entleeren der ganzen Flasche. Es ist dabei nicht nötig, dass der Schlauch ganz gefüllt sei; ein von

den nassen Wänden desselben zusammenfliessender Tropfen kann genügen. — Ist der Schlauch leer, und bläst man mit dem Munde in die obere Öffnung *a* des Rohres, oder auch nur aus einiger Entfernung gegen dieselbe, so beginnt ebenfalls das Ausfliessen. Dasselbe geschieht, wenn man durch das Kautschukrohr, also in entgegengesetzter Richtung, gewaltsam etwas Luft einbläst. Hält man jedoch dabei den Schlauch heberförmig in die Höhe, so findet das Ausfliessen nicht statt, wenn die oberste Stelle des Schlauches höher ist, als der Spiegel der Flüssigkeit in der Flasche. Hat aber das Fliessen infolge Senkens des Schlauches begonnen, so dauert es fort, auch wenn man letzteren nachträglich wieder in die vorige Lage hebt. — Wie sind diese Erscheinungen zu erklären?



F. Reidt, Hamm i. W.

43. Aufgabe: Ein zunächst unelektrischer Metallcylinder *B* mit halbkugelförmigen Enden sei isoliert aufgestellt; in der Verlängerung seiner Axe befinde sich ein negativ elektrischer Nichtleiter *A*, durch den *B* influenziert wird. Der Cylinder werde nahe dem Ende, welches *A* zugekehrt ist, mit der Erde leitend verbunden, so dass sich die Menge der positiven Influenzelektrizität in ihm bedeutend vermehrt. Wird nach Aufhebung der Verbindung mit der Erde ein Teil der + El. sich von dem nach *A* hingekehrten Ende entfernen, weil die - El. in *A* nur soviel + El. binden kann, wie anfangs auf dem isolierten Conduktor gebunden wurde?

Antwort: Nein. — Besteht die Ableitung aus einem unendlich dünnen Draht, der keine Elektrizität enthält, so wird durch seine Entfernung nichts geändert. Ist aber der ableitende Körper von endlicher Ausdehnung, so enthält er + Elektrizität, nach deren Entfernung + El. nach der Stelle des Cylinders hinströmt, die dem ableitenden Körper am nächsten war. Das Potential im Cylinder geht zwar wieder unter Null herab, aber nicht auf die anfängliche Tiefe. Ausser der Belegung des Cylinders mit elektrischer Masse vor der Ableitung ist vielmehr jetzt eine weitere vorhanden, da aus der Erde + El. zugeströmt ist, die sich so über den ganzen Conduktor ausbreitet, als wäre die - El. des Nichtleiters *A* gar nicht vorhanden.

Th. Häbler, Grimma.

Kleine Mitteilungen.

Zur Kenntnis der Constitution des elektrischen Funkens.

Von Professor Dr. Ludwig Matthiessen in Rostock.

In neuerer Zeit sind häufig, zum Teil ausgezeichnete Blitzphotographien publiziert worden. Sie können uns freilich kein klares Bild von irgend einem Quer- oder Längenschnitte z. B. des zwischen den Conductoren einer Influenzmaschine überspringenden Funkens geben. Es wird uns auch schwerlich der innere mechanische Vorgang, die momentane Bewegung der Gasmoleküle innerhalb des Cylindermantels des Funkens jemals genau enthüllt werden. Doch dürfte die folgende Beobachtung, die ich seit Jahren an den Funken meiner Influenzmaschine aufmerksam verfolgt habe, einiges Licht über ihre Constitution verbreiten.

Veranlasst man die Maschine zu etwas stärkeren und gradlinigen Funken zwischen den Conductoren, was am einfachsten dadurch erzielt wird, dass man den + Pol zur Erde ableitet, so beobachtet man in einem dunklen Raume bei genauerer Aufmerksamkeit, dass die Funken immer von einem schwarzen, fadenförmigen Kanale durchzogen sind. Um die Blendung der Retina möglichst zu vermeiden, lässt man 6 bis 8 cm lange Funken nur langsam aufeinander folgen, und betrachtet dieselben durch dünne planparallele, grün oder blau gefärbte Gläser. Um jede Täuschung auszuschliessen, ersuchte ich Herrn Dr. Mönnich, Privatdocenten der Physik an hiesiger Universität, einige Glasphotographien aufzunehmen. Es wurden sowohl von Funken der Influenzmaschine, als auch von etwa 6 cm langen, starken Einzelfunken eines grossen Funkeninductors von

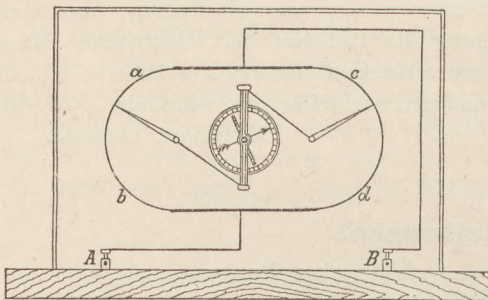
KEYSER & SCHMIDT Bilder hergestellt, die diese Erscheinung deutlich zeigten. Es ist nicht unwahrscheinlich, dass bei möglichster Vermeidung alternierender Entladungen oder bei Anwendung von dünnen, planparallelen blauen Blendgläsern die Photogramme noch besser ausfallen werden. Man darf annehmen, dass sich in der Axe des Funkencylinders ein Strom strahlender Materie (CROOKES) bewegt, der die Luft im Cylindermantel seitwärts momentan comprimiert und zum Glühen veranlasst.

Herr Professor L. Weber in Kiel theilte mir mit, dass er diese Versuche wiederholt und jene merkwürdige Thatsache bestätigt gefunden habe. Die bekannte Blitzphotographie, welche Herr Kayser-Hannover während der Naturforscherversammlung in Strassburg in der physikalischen Sektion vorlegte, zeigt ein ähnliches Bild, jedoch wurden die dort vorhandenen schwarzen Kanäle als eine Folge parallaktischer Verschiebungen von Partialentladungen durch den Wind erklärt.

Apparat zur Demonstration des Prinzips der Wheatstone'schen Brücke.

Von E. Grimsehl in Hamburg.

Bei Besprechung der Wheatstone'schen Brücke begnügt man sich meistens damit, auf rechnerischem Wege abzuleiten, dass die Intensität des Brückenstromes Null ist, wenn die Widerstände (a, b, c, d) der einzelnen Zweige des Leitersystems der Proportion $a : b = c : d$ genüge leisten. Wo eine mathematische Ableitung nicht möglich ist, wird man höchstens für ein oder zwei Verhältnisse die Richtigkeit der Beziehung experimentell ableiten. Dieser experimentelle Nachweis hat auch seine Schwierigkeiten, wenn man ein geeignetes Leitersystem aus einzelnen Widerständen zusammensetzen will; dabei fehlt den Schülern die Übersicht über die Grösse der Widerstände.



Die nebenstehende Figur soll einen Apparat darstellen, durch welchen es ohne jede Mühe möglich ist, in wenigen Minuten den Nachweis für jedes beliebige Verhältnis auszuführen. A und B sind die Zuleitungen für den elektrischen Strom. An diese Zuleitungen sind zwei starke Kupferdrähte gelötet, deren Widerstände vernachlässigt werden können. Die Enden der Kupferdrähte sind durch dünne Neusilberdrähte, die halbkreisförmig gebogen sind, paarweise mit einander verbunden. In den Mittelpunkten der Halbkreise ist je ein Messingzeiger drehbar so angebracht, dass er bei seiner Bewegung immer auf einem der Neusilberdrähte schleift. Die Axen der Zeiger sind leitend verbunden mit der vierfachen Umwicklung eines Vertikalgalvanoskops, das die Mitte des Apparates ausfüllt.

Die Montierung des ganzen Apparates ist auf einer Glasplatte ausgeführt, weil es dann möglich ist, dass der Lehrer von der Rückseite aus die Zeiger einstellen kann, ohne dass er während dieser Operation einen Teil des Apparates verdeckt. Auf die eigentliche Hinterwand, eine Glasplatte von der Grösse 25×35 cm, ist mit Canada-balsam eine Glasplatte gekittet, welche die Form eines Quadrates von der Seitenlänge 15 cm hat, auf dessen zwei gegenüberliegende Seiten ein Halbkreis vom Durchmesser 15 cm aufgesetzt ist. Der Rand dieser Glasplatte bildet das Lager für die beiden starken Kupferdrähte und die daran gelöteten Neusilberdrähte. Der mittlere Teil der Platte ist kreisförmig (Radius 5 cm) ausgeschnitten. Der Ausschnitt dient zur Aufnahme des Vertikalgalvanoskops. In den Mittelpunkten der beiden Halbkreise sind Löcher gebohrt, die mit einem kurzen Messingrohr ausgefüllt sind. Die Messingrohre bilden einerseits die Lager für die drehbaren Messingzeiger, andererseits sind an dieselben die Drahtenden der Galvanoskopumwicklung gelötet. Das Galvanoskop ist dadurch herge-

stellt, dass auf die Ränder der kreisförmigen Öffnung ein kreisförmig gebogener Glasstab aufgeklebt ist, auf welchem wiederum eine Glasplatte als Deckel durch Kittan befestigt ist. Der Deckel und die Hinterwand sind in der Mitte durchbohrt und diese Durchbohrungen bilden das Lager für die Magnetonadel. Die Umwicklung des Galvanoskops geschieht dadurch, dass ein umspinnener Kupferdraht durch zwei Löcher oberhalb und unterhalb des kreisförmigen Ausschnittes hindurchgeführt ist.

Zum Gebrauch hat man nur die in Klemmen endigenden Zuleitungen mit den Polen eines schwachen Elementes zu verbinden. Durch beliebige Stellung eines Zeigers wird der eine Zweig des Leitersystems in zwei Teile (*a* und *b*) zerlegt. Das Galvanoskop zeigt keinen Ausschlag, sobald auch der andere Zeiger so steht, dass er den zugehörigen Zweig des Leitersystems in zwei Teile (*c* und *d*) so zerlegt, dass sich verhält $a : b = c : d$.

Zum Schlusse bemerke ich noch, dass ich denselben Apparat in der Grösse eines Scioptikonbildes ausgeführt habe. An dem projizierten Bilde lässt sich die Richtigkeit der Beziehung ebenso deutlich zeigen, als an dem grösseren Apparat. Man muss dann nur durch einen Richtungsmagneten die durch die Eisenteile des Scioptikons bewirkte Ablenkung der Magnetonadel vor dem Durchleiten des Stromes beseitigen.

Weitere Bemerkungen über die Theorie des Elektroskops.

Von Dr. **Theodor Häbler** in Grimma.

Herr Dr. LEONHARDT hat sich viel Mühe gegeben, die Vorgänge beim Laden des Elektroskops im einzelnen zu verfolgen (*diese Zeitschrift III, S. 180*); doch sind die Ergebnisse seiner Überlegung wegen der Unsicherheit des Grundes, auf dem sie ruhen, nicht alle richtig. Herr LEONHARDT hat freilich geglaubt, in der Übereinstimmung mit den Versuchen die volle Bestätigung seiner Annahmen erblicken zu dürfen. Da aber gerade im fraglichen Gebiet die Beobachtungen ausserordentlich leicht falsch gedeutet werden können, so wird es gut sein, die Richtigkeit noch in der Weise zu prüfen, dass man fragt, ob der Gleichgewichtszustand, der sich bei den Betrachtungen ergeben hat, überhaupt möglich ist. — Nähert man dem Elektroskop einen geriebenen Hartgummistab und berührt den Knopf mit dem Finger, so können, wie Herr LEONHARDT findet (*S. 182 Mitte*) drei Fälle eintreten: die El. der Blättchen kann positiv, Null oder negativ sein. Nun kann aber ein zur Erde abgeleiteter Conduktor, in dessen Nähe sich negative El. befindet, nirgends freie negative El. enthalten; daher ist die obige Behauptung ungenau, ebenso zum Teil die daran angeknüpften Bemerkungen, in denen Herr LEONHARDT noch die irrtümliche Annahme zu Hilfe nimmt (*S. 184, Z. 1 v. o., Z. 15 v. u., S. 185, Z. 24 v. u.*), die Menge der + El. im Knopfe könne nach Aufhebung der Berührung nicht grösser sein als vor der Berührung.¹⁾ In die Einzelheiten der Abhandlung einzugehen wird nicht nötig sein.

Wie ich glaube, ist Herr LEONHARDT zu seiner Erklärung durch eine an und für sich ziemlich richtige Beobachtung geradezu verführt worden. Er sagt (*S. 181*): „Ich konnte unter Umständen bei der Berührung des Knopfes mit dem Finger ein teilweises, nach Entfernung des letzteren ein gänzlich Zusammenfallen der Blättchen beobachten.“ Herr LEONHARDT hat offenbar, wie aus dem Übrigen hervorgeht, gemeint, die El. der Blättchen nach dem teilweisen Zusammenfallen könne nicht anders als negativ sein. Wenn er aber den Versuch in geeigneter Weise nochmals vornähme, so würde er finden, dass die Blättchen nicht negative, sondern positive El. enthalten, dass also nicht nur ein „teilweises Zusammenfallen“, sondern ein Wechsel der El. stattgefunden hat. Es ist das eben die Thatsache, auf welche ich, wie *S. 139* erwähnt, in *Wied. Ann.* hingewiesen habe.

Obwohl die Bemerkungen von Herrn Dr. POSKE und mir (*III, S. 29 u. 139*) vollständig zur Erklärung der Vorgänge beim Laden des Elektroskops genügen dürften, ist es vielleicht gut, nochmals alles Wesentliche kurz zusammenzufassen. Bei Annäherung des geriebenen Hartgummistabes an den Knopf erhält das Potential vom Knopf bis zu den

1) Man vergleiche hierzu die Denkaufgabe *S. 293*.

Blättchen einen constanten negativen Wert, also muss sich im Knopf +, in den Blättchen — El. anhäufen. Durch Anlegen des Fingers wird das Potential im ganzen Leiter Null; dieser ist überall mit + El. bedeckt. In den Blättchen befindet sich davon je nach der Stärke des influenzierenden Körpers viel oder wenig, letzteres besonders dann, wenn die Wand des Elektroskops leitend und nicht isoliert aufgestellt ist; dann ist auch sie + elektrisch und in ihrem Innern wenig freie El.. Selbst der Knopf wird fast keine El. bergen, wenn man die Hand oder eine abgeleitete Metallscheibe auf ihn gelegt hat; diese wirken in hervorragender Weise als Schirm, da sich in ihnen, um trotz der Nähe des Stabes das Potential Null zu erzeugen, viel + El. lagern muss, die dann beinahe genügt, um mit der El. des Stabes zusammen im Knopfe das Potential Null hervorzubringen (ist die Scheibe unendlich gross, so kann unter ihr gar keine El. vorhanden sein). — Entfernt man den Finger, so nimmt man + El. fort, weshalb zur Ausgleichung des Potentials + El. aus den Blättchen in den Knopf strömt. Nunmehr enthalten die Blättchen positive, keine oder negative El., je nach der Menge der vorher in ihnen befindlichen und der mit dem Finger fortgeführten + El. — Die Wegnahme des Stabes hat den Ausschlag der Blättchen mittelst der sich ausbreitenden freien + El. zur Folge, wenn diese nicht etwa, wie bei Benutzung einer Metallplatte, fast ganz mit dem ableitenden Körper entfernt worden ist. — Auch ohne Verwendung des Potentialbegriffs ist die Sache ganz klar, wenn man nur beachtet, dass nach Anlegen des Fingers der ganze Leiter keine andere als positive El. enthalten kann.

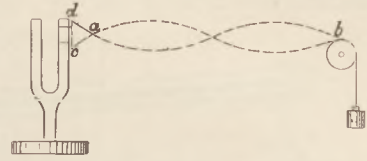
Da Herr LEONHARDT auch auf die Leitungsfähigkeit der Glaswand zu sprechen kommt, so will ich bei dieser Gelegenheit eine geschichtliche Thatsache erwähnen, die mich, als ich sie kennen lernte, überraschte. Das Elektroskop mit Doppelpendel und Glasgehäuse hat zwar viele Wandlungen durchgemacht, aber alle Physiker, welche neue Formen des Instruments construirten, stellten Teile der Wand aus leitendem Stoffe her, um die etwa auf der Glaswand befindliche El. abzuleiten oder zu binden, teils auch um die Empfindlichkeit zu erhöhen. Stanniolstreifen an der inneren oder äusseren Glaswand findet man schon bei CAVALLO, SAUSSURE, VOLTA, BENNET ebensowohl wie bei WEIS und RIESS; BEETZ und EXNER stellten einen Teil der Wand aus Metall her, KOLBE verwendete anfangs gut leitendes Glas (*diese Zeitschrift I, S. 153*), später einen Blechkasten mit leitenden Spiegelglaswänden (*II, S. 153*), nötigenfalls, wie auch andere, ein Drahtnetz. Wenn trotzdem beim Unterricht vielfach Elektroskope mit isoliertem Glasgehäuse benutzt werden, so hat dies gewiss seine guten Gründe. Die Beseitigung der etwa auf die Wand übergegangenen El. ist freilich unbequem; aber sie ist schnell geschehen und eine fehlerhafte Angabe kann bei einfachen Versuchen kaum vorkommen. Die Erklärung der elektrischen Vorgänge beim Laden aber ist viel durchsichtiger, wenn auf die Influenzierung der Wand nicht Rücksicht genommen zu werden braucht. Dagegen muss natürlich das Elektroskop, wenn es als genaues Beobachtungsinstrument benutzt werden soll, leitende, nicht isolierte Wände haben, was, wie wir sehen, schon ganz früh erkannt worden ist.

Herr LEONHARDT hat auch beobachtet, dass die Blättchen, wenn ihnen von unten ein negativ elektrischer Stab genähert wird, erst dann mit + El. auseinandergehen, wenn der Finger an den Knopf gelegt wird. Die Ursache liegt darin, dass das Glas die El. leitet (wenn auch schlecht, daher manchmal ein Ausschlag von kurzer Dauer beim Nähern oder Entfernen des Stabes). Der Draht, welcher die Blättchen und den Knopf trägt, befindet sich zum grossen Teil im Innern des influenzierten Gehäuses und kann deshalb keine erhebliche Menge von freier El. enthalten. Das Potential ist in den Punkten des Glases negativ, in denen des inneren Leiters fast genau dasselbe. Verbindet man aber den Knopf mit der Erde, so muss das Potential in allen Punkten des inneren Leiters Null werden, weshalb sich in den Blättchen + El. anhäufen wird. Ähnlich ist es bei dem anderen bei feuchtem Wetter angestellten Versuch, dessen Erklärung Herr LEONHARDT in der Hauptsache schon gegeben hat.

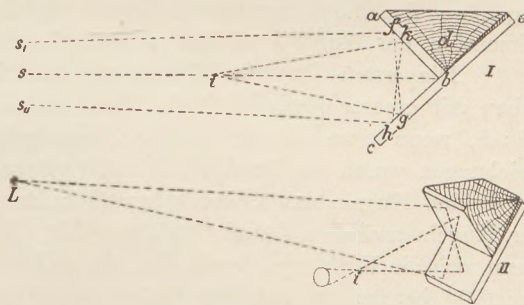
Berichte.

1. Apparate und Versuche.

Eine Abänderung an Melde's Schwingungsvorrichtung. Von W. SIDGREAVES. Die Vorführung der Schwingungen eines Fadens, der an der einen Zinke einer Stimmgabel befestigt ist, wird häufig dadurch beeinträchtigt, dass die Schwingungsebene eine für die Zuschauer ungünstige Lage annimmt. Ein sehr einfaches Mittel dient dazu, diesem Übelstand abzuhelfen. Der Faden wird zu dem Zweck nicht direkt an der Zinke befestigt, sondern es wird ein kurzes geschlossenes Fadenstück *dac* dazwischen gesetzt und an zwei Stellen *d* und *c* mit der Zinke verbunden. Das Fadenstück nimmt demnach die Gestalt eines Dreiecks an, an dessen dritter Ecke *a* der schwingende Faden befestigt ist. Da der Punkt *a* in horizontaler Richtung (senkrecht zur Ebene der Zeichnung) frei beweglich ist, so kann er für Schwingungen in dieser Ebene keinen Knotenpunkt bilden, es können daher auch solche Schwingungen nicht zu Stande kommen, dagegen können Schwingungen in der vertikalen Richtung stattfinden, da Punkt *a* in dieser Richtung nicht frei beweglich ist. In jeder zwischenliegenden Ebene aber würde die Schwingung in zwei zerlegt werden, von denen wiederum nur die vertikale möglich ist. Bei einer Drehung der Stimmgabel um eine vertikale Axe ändert sich, wie leicht ersichtlich, die Ebene der Schwingungen und wird nach einer Vierteldrehung horizontal; die Befestigung des Fadens *dac* an der Zinke geschieht durch kurze Stücke leichten Stahldrahts, die an jedem Ende mit einer Öse versehen sind und durch zwei Windungen eines feinen Fadens festgehalten werden. Es ist auch zweckmässig, dass der Faden *dac* von derselben Beschaffenheit ist, wie der schwingende Faden *ab*. (*Nature*, 1890).

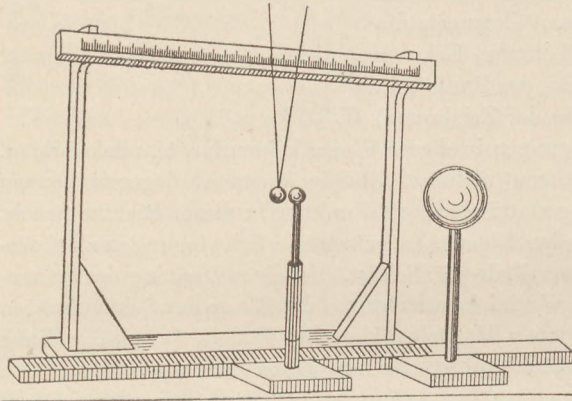


Ein einfacher Interferenzversuch. Von ALBERT A. MICHELSON. An Stelle des subtilen FRESNEL'schen Spiegelversuchs wird der folgende leicht anzustellende Versuch beschrieben. An der einen Kathetenfläche eines rechtwinkligen hölzernen Prismas wird eine Spiegelglasplatte *ab* befestigt und gegen die andere Kathetenfläche eine ebensolche Platte *ce* mit etwas Wachs so angedrückt, dass der Winkel der beiden Platten ein klein wenig geringer als ein Rechter ist. Lässt man nun Licht von einer elektrischen Bogenlampe auf die versilberten Vorderflächen der beiden Platten fallen, so werden zwei Strahlen, die zweimal reflektiert sind, irgendwo in der Mittellinie *bs* zusammentreffen, wobei die Wege und daher auch die Phasen genau gleich sind. Daher wird die Linie *bs* der Ort für die zentrale helle Franse sein, und es wird sich das System der Interferenzstreifen durch eine Linse von etwa 1'' Brennweite beobachten lassen, deren Achse an irgend einer Stelle dieser Linie liegt. Bei völlig symmetrischer Lage der Strahlen zu den Spiegeln müsste man einen durchsichtigen Spiegel anwenden, um die Erscheinung seitwärts von den einfallenden Strahlen beobachten zu können. Die Interferenzstreifen treten aber auch auf, wenn man das System der Spiegel um eine zu ihrer gemeinsamen Kante senkrechte Achse dreht (wie aus Fig. 2 ersichtlich). Die Fransen werden dann als ein System feiner Linien parallel zu der gemeinsamen Kante der Spiegel sichtbar. Wenn die Lichtquelle beträchtlich weit entfernt ist, der Winkel zwischen den Spiegeln $90^\circ - \alpha$ und die Wellenlänge λ ist, so ist die Fransenbreite, wie leicht zu sehen, gleich $\lambda : 4\alpha$. (*Amer. Journ. of Science*, 39, 216; March 1890.)



Vorlesungsversuche mit einem Pendel-Elektrometer. Von ALFRED M. MAYER. Eine Korkkugel von 1 cm Radius wurde gut vergoldet und mit einem Bügel aus feinem

Draht versehen, durch den ein Coconfaden geführt war. Die Enden dieses Fadens wurden mit drehbaren Wirbeln an der Decke 52 cm von einander befestigt, so dass ein Bifilarpendingel entstand, dessen vertikale Länge 364 cm betrug. Dieser Kugel wurde eine zweite gleich grosse aus Messing angefertigte und auf einem Glasstab befindliche Kugel gegenübergestellt und der Ausschlag gemessen, der eintrat, wenn den Kugeln eine elektrische Ladung zugeführt wurde. Die Messung geschah an einer Millimeterskala, die sich auf einem Glasstreifen 34 cm oberhalb der aufgehängten Kugel befand, und deren unterer Rand geschwärzt war, so dass sich der Seidenfaden deutlich davon abhob. Nun



ist die Stärke der ausgeübten Abstoßung gleich $(w + \frac{1}{2}p) \sin \alpha$, wenn w das Gewicht der Kugel, p das des Fadens und α den Ablenkungswinkel bezeichnet. Bei den beschriebenen Versuchen war $w + \frac{1}{2}p = 9,990$ gr, hiernach bewirkte die Kraft von 1 Dyn eine Ablenkung von 3,4 mm an der Skala. Da nicht über 2° Ausschlag benutzt wurde, so war die Skala so geneigt, dass sie mit der Sehne von 2° zusammenfiel. Die Zahl der Dynen konnte direkt aus dem Verhältnis des Ausschlags zu 3,4 mm entnommen werden, daher auch die Grösse der Ladung in absolutem Maass gemäss der Gleichung $f = qq'/d = q^2/d^2$, woraus $q = d\sqrt{f}$, wenn d den Abstand der Mittelpunkte der beiden Kugeln bedeutet. Der Einfluss der Umgebung auf die Kapazität der Kugel wurde bei diesen Versuchen unberücksichtigt gelassen, da eine ungefähre Rechnung nur eine Differenz ergibt, die unterhalb der bei Abmessung der Dimension der Kugel erreichbaren Genauigkeit bleibt.

Die ersten Versuche dienten zur Bestätigung des COULOMB'schen Gesetzes und ergaben mit grosser Genauigkeit die Richtigkeit der Gleichung $f : f' = d'^2 : d^2$, oder $a : a' = d'^2 : d^2$, wenn a und a' die an der Skala gemessenen Ausschläge bedeuten. Die Abweichungen waren im Durchschnitt nicht grösser als sie wegen der gegenseitigen Influenz der beiden Kugeln aus theoretischen Gründen sich ergaben, dabei wurden die Abstände der Kugeln zwischen 4 und 11 cm gewählt. Eine noch grössere Genauigkeit erreicht man, wenn man die Korkkugel durch eine aus Hollundermark ersetzt, da das spezifische Gewicht nur 0,04 beträgt, so dass die Grösse $w + \frac{1}{2}p$ nur auf 0,25 gr kommt. Ein Dyn entspricht dann einem Ausschlag von 13,3 mm. Doch ist diese Abänderung nicht zu Vorlesungsversuchen geeignet, da Luftströmungen hierbei von zu beträchtlichem Einflusse sind.

Durch Versuche dieser Art lässt sich auch der Elektrizitätsverlust bestimmen, der durch Übergang der Ladung an die Luft verursacht wird; er betrug in der Minute durchschnittlich $\frac{1}{108}$ der Ladung, bei 73° F und 31,3 % relativer Feuchtigkeit.

Die COULOMB'schen Versuche über Verteilung der Elektrizität auf einem Cylinder, der von halbkugelförmigen Enden begrenzt wird, ergaben bei Berücksichtigung des Verlustcoefficienten Werte, die mit den von COULOMB gefundenen sehr nahe übereinstimmten. Die Dichtigkeit an den Enden war im Mittel 2,27 mal so gross als die in der Mitte des Cylinders.

Endlich lassen sich Quantität und Potential mit demselben Apparat bestimmen. Die Standkugel von 1 cm Radius wurde in Contact mit dem Pendel gebracht und die Abstoßungskraft = 7,058 Dynen ermittelt. Der Abstand der Kugelmittelpunkte war 7,4 cm, woraus sich für die Quantität auf der Pendelkugel $Q = \sqrt{7,058 \cdot 7,4} = 19,7$ Einheiten ergibt. Gleich darauf wurde die Standkugel von 1 cm durch eine geladene Kugel von 4,6 cm Radius ersetzt; die Ablenkung des Pendels betrug jetzt 3,5 cm, der Abstand der

Mittelpunkte 28,5 cm und die Abstossungskraft in Dynen 10,29. Die Quantität auf der grösseren Standkugel war demnach

$$Q' = f \frac{d^2}{Q} = \frac{10,28 \cdot 812,25}{19,7} = 424,26 \text{ Einheiten.}$$

Für das Potential folgt, da die Capacität C durch den Radius gemessen wird,

$$V = \frac{Q'}{C} = \frac{426}{4,6} = 92,2 \text{ Einheiten.}$$

Alle diese Messungen lassen sich mit Leichtigkeit vor Zuhörern ausführen und sind zur Einführung in die elektrischen Grundbegriffe geeignet. (*Am. Journ. of Sc.* 39, 327; 1890.)

Im Zusammenhang hiermit ist an die ähnlichen Versuche von Odstril zu erinnern (*vgl. Mach und Odstril, Grundriss der Naturlehre, S. 171*), bei denen ein bifilar aufgehängtes halbkugelförmiges Schälchen aus Goldpapier benutzt wird; durch verschiedene Belastung dieses Schälchens mit Schrotkörnern lassen sich die Abstossungskräfte vergleichen, die von einer Standkugel bei verschieden starker Ladung auf das Schälchen ausgeübt werden.

2. Forschungen und Ergebnisse.

Phototelephonische Untersuchungen. Von J. BERNSTEIN. Die Schwingungen der Telephonplatte lassen sich sichtbar machen, indem ein feiner Lichtstrahl von einem auf der Platte befestigten Spiegelchen auf einen rotierenden Spiegel geworfen und in diesem mit einem Fernrohr beobachtet werden. Es gelingt aber auch, in einfacherer Weise als bei den Versuchen von O. FRÖLICH (*d. Ztschr. I. 122*) die Schwingungen des Lichtstrahls auf einer mit photographischem Papier überzogenen rotierenden Trommel sich aufzeichnen zu lassen: Zu dem Zweck wird ein paralleles Bündel von Sonnenstrahlen oder von elektrischem Licht durch einen Spiegel auf eine enge Öffnung geworfen, der feine Lichtstrahl fällt auf den Telephonspiegel, vor dem sich eine Linse mit grösserer Brennweite befindet; der reflektierte Strahl wird auf eine grosse Linse von geringerer Brennweite geworfen und diese erzeugt ein kleines scharfes Bild der engen Öffnung auf dem Papier der rotierenden Trommel. Zur Beobachtung schwacher Ströme ist es überdies nötig, die Empfindlichkeit zu verstärken, indem man auf das Centrum der Telephonplatte einen kleinen Steg aufsetzt, zwischen diesem und einem parallel gezogenen festen Draht eine Brücke aus feinem Seidenpapier spannt und auf dieser das Spiegelchen aufklebt.

Mit dieser Vorrichtung wurde zunächst der Verlauf des Stroms einer Kette bei regelmässiger Unterbrechung untersucht. Die Unterbrechung wurde in der Regel durch einen akustischen Unterbrecher von 20 Schwingungen in der Sekunde bewirkt, dessen Spirale mit einer induktionsfreien Nebenschliessung versehen war, so dass keine erhebliche Verzögerung des Stromes eintreten konnte. Die vom Verfasser erhaltenen Kurven lassen erkennen, wie der Induktionsstrom langsam ansteigt, um bei der Öffnung des primären Stromes fast momentan, unter wenigen Eigenschwingungen der Membran, abzufallen. Bei Anwendung einer Nebenschliessung bei der Telephonspirale sinkt hingegen die Kurve ungefähr ebenso langsam ab, wie sie zuvor angestiegen war. Die Dauer des Anstieges wie des Abfalls betrug bei Verwendung von drei Daniell und 50 S. E. Widerstand etwa $\frac{1}{80}$ Sekunde. Die Erscheinungen, welche der sekundäre Strom eines DU BOIS-REYMOND'schen Schlittenapparates im Telephon zu erkennen giebt, entsprechen gleichfalls völlig der Theorie: der steil ansteigende Öffnungsschlag erreichte ein über dreimal höheres Maximum als der flach verlaufende Schliessungsschlag. Bei einer Nebenschliessung von 20 S. E. zur primären Spirale fiel der Unterschied geringer aus, war aber noch deutlich erkennbar. Bei einer Kette von 12 Daniell und einem Widerstand von 20 S. E. bekamen die beiden Ströme ein annähernd gleiches Aussehen. Bei Einlegung von Eisenkernen in die primäre Spirale zeigte sich die Verzögerung der Induktion durch den entstehenden und verschwindenden Magnetismus in der längeren Dauer der Induktionsströme. (*Ber. Berl. Ak.* 1890, VIII—IX.)

Versuche über Dissociation. A. W. v. HOFMANN hatte früher gemeinsam mit H. BUFF beobachtet, dass Kohlendioxyd durch den elektrischen Funken in CO und O zerlegt wird, welche Gase dann, sobald sie in einer gewissen Menge entstanden sind, durch den elektrischen Funken unter Verpuffung wieder zu CO_2 vereinigt werden. Er hat nun die näheren Bedingungen untersucht, unter denen diese Dissociation des Kohlendioxyds und die Wiedervereinigung der Spaltungsprodukte erfolgt. (*Sitzungsber. d. Berl. Akad. 20. u. 27. Febr. 1890.*) Das zu zersetzende Kohlendioxyd ist über Quecksilber abgesperrt, sein Volumen beträgt am besten 6—10 ccm bei 650—700 mm Druck. Da für das Gelingen des Versuches der Abstand der Platindrähte, zwischen denen der Funke überspringt, eine bestimmte Grösse haben muss, so ist es zweckmässig, anstatt die Funkendrähte in das Eudiometerrohr einzuschmelzen, eine U-förmig gebogene, mit Quecksilber zu füllende Röhre mit langen Schenkeln (Fig. 1) zu verwenden, in deren eines Ende ein Stück Platindraht eingeschmolzen ist, während ein zweiter Platindraht auf demselben Schenkel spiralig aufgewickelt wird, dessen oberes Ende dem eingeschmolzenen Platindraht beliebig nahe gebracht werden kann. Ist die das CO_2 enthaltende Glasröhre in das Quecksilber eines Kropfcylinders eingetaucht, so lässt sich die vorbereitete



Fig. 1. Röhre bequem mit den Platinenden in das Gas bringen (Fig. 2). Man führt dann den einen Schliessungsdraht in das Quecksilber des Kropfcylinders, den anderen in dasjenige der U-Röhre. Am besten ist es, den Abstand der Funkendrähte $2\frac{1}{2}$ —3 mm gross zu wählen und den Funken in etwa $\frac{1}{4}$ der Höhe der Gassäule oberhalb des Quecksilberniveaus überspringen zu lassen.

Zur Speisung des Ruhmkorffs dienen 2 Bunsen'sche Elemente (145 mm hoch, 5,5 mm lichte Weite des Thoncyinders). Über die Dimensionen des Ruhmkorff selbst lassen sich leider allgemeine Angaben nicht machen. Apparate von gleicher Grösse und aus derselben Werkstätte zeigten sich bei derselben Speisung von verschiedener Wirkung. Es musste also durch Vorversuche die passende Grösse festgestellt werden. Als sehr zweckmässig erwies sich die Einschaltung einer Leydner Flasche in den Schliessungsbogen des Ruhmkorff. Der Verfasser beobachtete die erste Verpuffung der Dissociationsprodukte nach 15—20, die zweite schon nach 12—16, die dritte nach 6—8 Minuten.

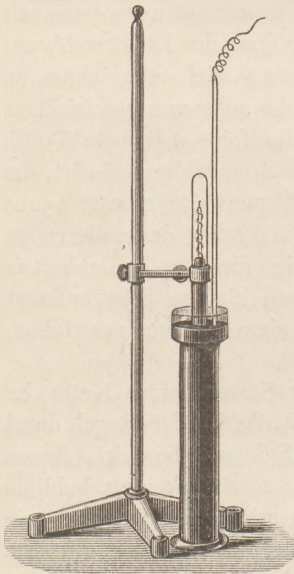


Fig. 2.

Die blosse Dissociation des CO_2 kann man in einfacher Weise mittelst einer beiderseits offenen Röhre zeigen, in deren Mitte zwei Funkendrähte eingeschmolzen sind. Leitet man einen Strom CO_2 durch die Röhre, während ein kräftiger Funkenstrom zwischen den Drähten überspringt, und fängt das austretende Gas über Kalilauge auf, so erhält man schon nach wenigen Minuten ein kleines nicht absorbierbares Gasvolumen.

Die Dissociation des Wasserdampfes lässt sich ebenfalls mit einfachen Mitteln zeigen. Man füllt ein 30 cm langes, 8 mm weites Eudiometerrohr unter möglichstem Luftausschluss mit Quecksilber, bringt auf die Oberfläche desselben einen Tropfen Wasser und umgibt das Rohr mit einem Glasrohr, durch welches man Wasserdampf leitet. Nach kurzer Zeit ist das Wasser innerhalb des Eudiometerrohres in Dampf verwandelt, der das Quecksilber herabdrückt. Lässt man nun den Funkenstrom eines von 3 Bunsen'schen Elementen gespeisten Ruhmkorff mit eingeschalteter Leydner Flasche 10 Minuten lang durch den Wasserdampf hindurchschlagen und den Apparat erkalten, so füllt sich die Röhre nicht wieder ganz mit Quecksilber. Das zurückbleibende Gas ist leicht als Knallgas zu erkennen. Auch mittelst einer beiderseits offenen Glasröhre, in deren Mitte die Funkendrähte eingeschmolzen sind, lässt sich ähnlich wie beim CO_2 die Dissociation des

Wasserdampfes zeigen. Man leitet den austretenden Wasserdampf in kaltes Wasser und fängt das entstandene Knallgas in einem mit Wasser gefüllten Eudiometerrohr auf, in welchem es alsdann wieder verpufft werden kann. *Bgr.*

3. Geschichte.

Das Sehen durch eine Kugel bei den Arabern. Von E. WIEDEMANN. Mit den optischen Erscheinungen, welche durch eine Kugel hervorgerufen werden, haben sich bereits die Araber vielfach beschäftigt. Über eine eingehende Behandlung des Gegenstandes macht E. WIEDEMANN in *Wied. Ann.* **39**, 565 (1890) nähere Mitteilungen. Die besprochene Darstellung findet sich in einem Commentar zu der Optik des Ibn al Haitam, von der eine Handschrift in Leyden (vgl. den Bericht in *Heft 5*, S. 252) vorhanden ist; als Verfasser des Commentars vermutet WIEDEMANN den arabischen Gelehrten Kamāl ed Dīn Abū al Hasan al Fārisī; als Lehrer des Verfassers ist in dem Commentar selbst der in Persien lebende Kotb ed Dīn Abu al Tanā angegeben.

Die Darstellung knüpft an das Problem des Regenbogens an; die früheren Erklärungen dieser Naturerscheinung aus blosser Reflexion an den Wassertropfen werden als unrichtig dargethan, vielmehr die Brechung und die Reflexionen im Innern zu Hülfe genommen. Das erste Kapitel enthält eine Revision von Ibn al Haitams Abhandlung über die Brennkugel, wobei namentlich der Satz benutzt wird, dass bei einer Kugel Einfallswinkel und Austrittswinkel in Luft einander gleich sind. Im zweiten Kapitel wird das Sehen durch eine glatte Kugel behandelt. Wegen der Voraussetzungen und der Einzelheiten der Durchführung müssen wir auf WIEDEMANN'S Abhandlung verweisen, geben aber hier die beiden Versuche wieder, durch welche der arabische Autor die Richtigkeit seiner Resultate prüft: 1. Als Objekt dient ein kleiner Kreis, der aus einem roten und einem schwarzen Halbkreis zusammengesetzt ist. Betrachtet man ihn durch die Kugel, so erscheint er bei einer gewissen Stellung zu dieser vergrössert und aufrecht. Entfernt man ihn von der Kugel, so nimmt er an Grösse zu und umgiebt sich mit einem Ring, der aus einer roten und einer schwarzen Hälfte besteht. Bei noch weiterem Entfernen nimmt die Breite dieses Ringes zu, während der Umfang kleiner wird, bis Kreis und Ring sich berühren. Danach kehrt sich das Bild des Kreises um (d. h. es zeigt rot und schwarz vertauscht) und wird immer kleiner, bis es den Blicken entschwindet. 2. Als Objekt dient ein roter Kreis, in den ein kleinerer schwarzer concentrisch eingesetzt ist. Befindet sich die Figur ausserhalb des Brennkegels, so sieht man ein Bild, das genau dem Objekt entspricht. Nähert man die Figur der Kugel, so werden die Kreise fortwährend grösser und kommt man endlich so nahe, dass der Umkreis des kleineren mit dem Brennpunkt zusammenfällt, so sieht man das Bild der Kreise von einem roten Ringe umgeben, der selbst wieder von einem concentrischen schwarzen Ringe durchzogen ist. Es folgen also in diesem Stadium von innen nach aussen Kreise von den Farben schwarz, rot — rot, schwarz, rot aufeinander. Bei noch weiterer Annäherung weichen die Kreise des Ringes auseinander, bis der Umkreis des grösseren roten mit der Begrenzung der Kugel zusammenfällt. Endlich rücken die äusseren Kreise ganz über die Begrenzung der Kugel hinaus und es bleiben nur die beiden inneren übrig. — Ein Versuch, bei dem ein schwarzer Punkt durch eine Glaskugel betrachtet als Ring erscheint, wird auch von Ibn al Haitam in seiner Optik und nach ihm von Witelo beschrieben. Doch ist in der Erklärung der Erscheinung der Verfasser des Commentars dem ersteren weit voraus.

Der Versuch (2) wird von WIEDEMANN für identisch mit dem gehalten, der von Prof. SCHELLBACH unter dem Titel „Über eine unbekannte Eigenschaft der Convexlinsen“ in dieser Zeitschrift (*Jahrg. II*, 291) beschrieben worden ist. Indessen dürfte zwischen beiden doch ein wesentlicher Unterschied bestehen. Der SCHELLBACH'SCHE Versuch ist deshalb so bemerkenswert, weil er beweist, dass ein leuchtender Punkt, der sich innerhalb der Brennweite einer Linse befindet, ein reelles Bild liefern kann. Dieses Bild ist

ein leuchtender Ring, dessen Lage sich nach der Methode der unendlich dünnen Strahlenbündel mathematisch genau berechnen lässt. Bei dem Versuch der arabischen Optiker dagegen ist nicht ersichtlich, dass es sich um ein reelles Bild handelt. Auch ist die Erklärung der Araber begrifflicher Weise unzureichend, da ihnen weder das Brechungsgesetz, noch das Verhältnis zwischen reellen und virtuellen Bildern bekannt war. —

An die Konstruktion des Ganges der Strahlen in der Kugel bei einmaliger und zweimaliger Reflexion schliesst sich dann in dem Commentar die Erklärung des Regenbogens, wobei der Hauptregenbogen durch einmalige, der Neberegenbogen durch zweimalige Reflexion erklärt wird. Als ein Versuch zur Bestätigung der Theorie wird noch der folgende angegeben: Der Beobachter geht in ein verfinstertes Haus, in das durch ein Loch Sonnenlicht einfällt. In dies Sonnenlicht hält er eine Glaskugel und legt auf die Seite, da wo das Licht auftrifft, einen schwarzen Körper. Dann umhüllt er die eine Hälfte der Kugel mit einem dichten weissen Körper und blickt von der unverhüllten Seite in die Kugel hinein; dort sieht er einen farbigen Bogen, dessen Mittelpunkt auf der Seite zwischen dem Mittelpunkt der Kugel und der Sonne liegt. Der innere Teil des Bogens ist heller als der äussere; dieser Bogen ist ein Stück der Basis des Kegels, der die nach einmaliger Reflexion gebrochenen Strahlen enthält. Nähert man den dichten Körper der Glaskugel, so wird der Kreisbogen kleiner, seine Breite geringer und die Farben undeutlicher.

Die mitgetheilten Untersuchungen sind unso bemerkenswerter, als über die Brechung an gekrümmten Flächen keine Vorarbeiten der Griechen und Römer bekannt sind. Sie legen Zeugnis für die selbständige Thätigkeit arabischer Forscher auf dem physikalischen Gebiete ab.

P.

4. Unterricht und Methode.

Stellung und Methode des physikalischen Unterrichts, insbesondere auf dem Gymnasium. Von Oberlehrer Dr. J. KARRASS. (*Pr. Abh. des Gymnasiums zu Kattowitz, Ostern 1890, Pr. No. 183*). Der Verfasser stimmt in der Betonung des Bildungswertes der Physik und in der Forderung einer weiteren Vervollkommnung der Methode mit den Grundsätzen überein, die in dieser Zeitschrift vertreten werden. Er giebt einem beschränkten aber wohlgeordnetem Maass von Kenntnissen den Vorzug vor einer Überhäufung mit Gedächtnisstoff. Er will, dass die Schüler an der Hand von Versuchen allmählich zur Aufstellung von Gesetzen geführt werden. „Welcher Gewinn und welche Freude dem Schüler aus diesem allmählichen, stufenweisen Aufsteigen erwächst, besonders wenn er mit nur geringer Nachhülfe und Gängelung daran gewöhnt wird, den stufenmässigen Gang selbstthätig in klarem und knappem Ausdruck wiederzugeben, kann nur der verstehen, der wiederholt an dieser geistigen Arbeit mitgeholfen hat. Der einsichtsvolle und verständige Lehrer wird auch gern eingestehen, dass die durch diese gemeinsame Arbeit zum grösseren Teil von Seiten des Schülers gewonnene Einkleidung der Gedanken, weil sie dem jugendlichen Verständnis mehr angepasst ist, dem Ausdruck bei weitem vorzuziehen ist, den er sich vor dem Unterricht in gewissenhafter Weise schon zurechtgelegt hatte.“ Die Anforderungen, welche ein solcher Unterrichtsbetrieb an die Vorbildung und die geistige Thätigkeit des Lehrers stellt, werden in trefflicher Weise aufs eingehendste erörtert. — In methodischer Hinsicht spricht sich der Verfasser gleichfalls für eine Trennung in zwei Lehrstufen aus. Die physikalischen Aufgaben, sofern sie längere Rechnungen beanspruchen, verweist er in die Mathematik und stellt es als höchst wünschenswert hin, dass diese Aufgaben nach mathematischen Gesichtspunkten gruppiert und in die mathematischen Aufgabensammlungen eingereiht werden. Diese Anregung halten wir für sehr beachtenswert und würden es als überaus förderlich betrachten, wenn solche Zusammenstellungen von mehreren Seiten veröffentlicht würden. — In Bezug auf die mathematische Geographie wird das Ausgehen von den scheinbaren Bewegungen empfohlen und auf den noch viel zu wenig bekannten Universalapparat von Mang (*in d. Ztschr. II, 208* erwähnt) hingewiesen.

P.

5. Technik und mechanische Praxis.

Das Mannesmann'sche Rohrwalzverfahren. Über dieses Verfahren, namentlich eiserne Röhren ohne Nietung herzustellen, hat F. REULEAUX im Verein deutscher Ingenieure vor kurzem ausführlichere Mitteilungen gemacht. Denkt man sich zwei Walzen *a* und *b* auf gegenüberliegenden Seiten eines cylindrischen Körpers so angebracht, dass ihre Drehungsebenen nicht parallel, sondern ein wenig gegeneinander geneigt sind, so werden sie bei gleichzeitiger Rotation dem zwischen ihnen befindlichen Körper nicht bloss eine Drehung, sondern auch eine Fortbewegung erteilen. Die Figur 1 erläutert die beschriebene Anordnung, derzufolge der Cylinder *c* in der Querschnittszeichnung eine Bewegung nach rückwärts, bei gleichzeitiger Drehung im Sinne des Pfeiles, annehmen würde.

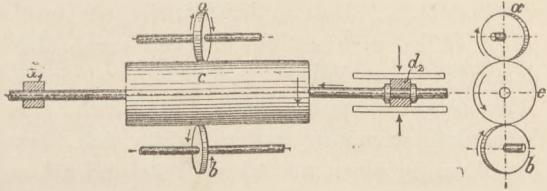


Fig. 1.

Wird nun aber das eine Lager (d_2) der Walze *c* mit einer Hemmung versehen, so wird die Walze dem translatorischen Antriebe nicht folgen können, es wird vielmehr an den Angriffsstellen von *a* und *b* ein Bestreben auftreten, die Oberflächenteilchen in der Richtung der erwähnten Schiebung fortzutreiben. Eine solche Wirkung auf die Oberfläche ist bei dem Mannesmann'schen „Schrägwalzverfahren“, wie Figur 2 zeigt, benutzt. Die Rädchen *a* und *b* sind zu längeren Walzen mit spiralig „aufgerauhten“ Mantelflächen gemacht, die Walze *c* ist durch das glühende, biegsam nachgiebige Werkstück ersetzt, dessen Führung seitlich, durch Leitschienen oder sonstwie, bewirkt wird. Die spiralgigen Aufrauhtungen, Treibwülste genannt, erhöhen noch die Fortführungskraft der Walzen, die wie im vorigen Fall neben der Drehung auftritt. Die Hemmung endlich wird dadurch hervorgebracht, dass die hinteren Enden der Walzen *a* und *b* kegelförmig abgestumpft sind, und dass die Walzen so nahe zusammengerückt werden, das der Rohstab eine kleine Verdünnung erfahren muss, um dazwischen treten zu können.

Sobald dies geschehen, bieten die Abstumpfungen der Walzen ein Hindernis für das schnelle Fortschreiten des Walzstabes, und bewirken vielmehr ein Aufstauen der hinteren Partie des Stabes. Dadurch kommt die Wirkung der Walzen auf die Oberflächenteile des Stabes zur Geltung, diese Teile werden vorwärts geschoben, schneller als dem Stab als Ganzem gestattet ist nachzurücken, und so muss sich eine becherförmige Vertiefung am Vorderende des Walzstabes bilden, die sich beim Weiterschreiten des Stabes zu einem cylindrischen Hohlraum verlängert. Es ist als würde nach und nach dem Werkstück die Haut über den Kopf gestreift; was dabei aus dem Block entsteht, ist ein Rohr. Am hinteren Ende des Stabes tritt schliesslich eine sich rasch erweiternde Öffnung auf, die man vermeiden kann, wenn man das Ende von vornherein dünner macht. Nimmt man das Vorderende ebenfalls verdünnt, so erhält man ein Rohr, welches an beiden Enden geschlossen ist. Die Höhlung ist nach Finkener mit einem Gasmengene aus 99% Wasserstoff und 1% Stickstoff gefüllt.

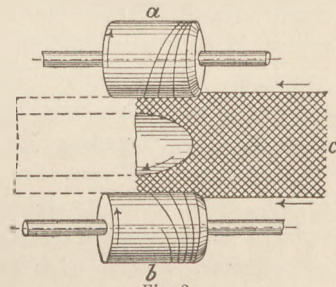


Fig. 2.

Eine andere Art der Herstellung von Röhren besteht darin, dass man dem Werkstück einen Dorn entgegenstellt, der in gewissen Fällen die Bildung der Röhre unterstützt. An den Dornkolben legen sich die Metallteilchen während des Auswärtsrückens an, so dass das Rohr im Innern eine Art Glättung erfährt. Auch die Erweiterung der gewonnenen Röhren, die nur geringen Durchmesser haben, geschieht durch ein Walzwerk; dies besteht aus zwei schräg gegeneinander gestellte Scheiben, die die Röhre über eine kegelförmige Walze hinwegziehen, die wie ein Dorn der Röhre entgegengestellt wird. Auf diese Weise sind für eine Wasserleitung in Südamerika Röhren von 4 m Länge, 100 mm Durchmesser und 5 mm Wanddicke hergestellt worden.

Zur Übertragung der ungeheuren Kraft, die bei diesem Walzverfahren erforderlich

ist, haben die Erfinder ein besonders widerstandsfähiges Schwungrad construiert. Der Radkranz ist aus Gusstahldraht angefertigt; während sonst die höchste Umfangsschnelle, die ohne Gefahr des Zerspringens einem Schwungrade gegeben werden darf, 40 m beträgt, kann hier die Schnelligkeit bis 100 m und darüber gesteigert werden. Dadurch ist es möglich, in 30 Sekunden Durchwalzungszeit bei einem Gewicht des Schwungradkranzes von 30 Tonnen eine Energie von nicht weniger als 3000 P. S. zu übertragen. Diese Energie kann dem Rade in der zehnfachen Zeit, also 5 Minuten, durch eine Kraftmaschine von 300 P. S., also von der Stärke einer gewöhnlichen Lokomotive, wieder erstattet werden.

Eine weitere Schwierigkeit ergab sich daraus, dass das Schwungrad seitlich von dem Wege des Rohres gelegt werden musste, weil es sonst den Weg vom Ofen zum Walzenstuhl versperrt hätte. Dadurch aber wurde eine Zahnradübertragung mittelst Winkelrädern nöthig und es zeigte sich, dass die Zähne bei der enormen zu übertragenden Energie einen mächtigen Flächendruck auszuhalten hatten und in Folge dessen sehr rasch abgenutzt wurden. Diesem Übelstande ist in höchst sinnreicher Weise dadurch abgeholfen worden, dass die Zähne sämtlich um Achsen drehbar gemacht und durch ein Parallelführungsgeschiebe stets während der ganzen Dauer einer Berührung parallel geleitet werden, derart also, dass sie sich beständig mit den ganzen Flächen berühren. Durch dieses Mittel wurde der Flächendruck an den Zähnen auf den bei Zapfen von Eisenbahnachsen herrschenden ($\frac{1}{2}$ kg auf 1 qmm) herabgesetzt. Auch für die Kuppelungen zwischen den festliegenden Wellen des Haupttriebwerkes und den verstellbaren Walzen waren neue Erfindungen erforderlich. Endlich stellte sich die Notwendigkeit heraus, eigene Stahlöfen zu bauen, um dem Bedarf an Rohmaterial jederzeit genügen zu können. Alle diese Hindernisse sind von den Erfindern mit bewundernswerter Energie überwunden worden.

Die auf solche Weise hergestellten Röhren haben die Eigentümlichkeit, dass die Wand von schraubenförmig gewundenen Fasern gebildet ist und zwar so, dass die inneren Fasern eine stärkere Steigung annehmen als die äusseren. Somit liegen die Fasern, wie durch mikroskopische Untersuchung nachgewiesen worden, in Kreuzung übereinander, wodurch die Festigkeit der Röhren ausserordentlich erhöht ist; sie zeigen 5 bis 6 mal so grosse Widerstandsfähigkeit gegen inneren Druck als andere. Ein Rohr von 37 mm äusserem, 30 mm innerem Durchmesser gab erst bei einem Wasserdruck von 1700 Atmosphären nach, aber nur indem es sich ausweitete, ohne zu zerspringen. Infolge der günstigen Faserlagerung lassen sich die Röhren sehr gut weiter bearbeiten, ohne Risse zu bekommen. Wegen der starken Teilchenverschiebung aber, die bei dem Verfahren eintritt, sind andererseits Fehler im Rohstoff, wie Blasen oder Querrisse nicht zulässig, sondern es ist nur bestes Material verwendbar. Schmiedeeisen eignet sich nicht, weil es in heissem Zustande eine zu geringe Festigkeit besitzt; dagegen sind ausser dem Stahl auch Kupfer, Deltametall und Heissmessing geeignet.

Die Verwendbarkeit der Röhren erstreckt sich auf Wasserleitungen von hohem Druck, Gasleitungen und Druckluftleitungen, auf Heiz- und Feuerröhren, Triebwellen, Tragbalken, Schienen, Wagenachsen, Gewehrmäntel und Gewehrläufe, vielleicht sogar auf Geschütze. Zur Verwertung der Erfindung in diesen verschiedenen Richtungen sind bereits vier Werke thätig: in Remscheid, in Bous bei Saarbrücken, in Komotau (Böhmen) und in Landore (Wales). Die Erfindung ist, wie der Vortragende hervorhob, ganz auf deutschem Boden erwachsen und nicht das Werk des Zufalls, sondern das Ergebnis schärfsten Nachdenkens und plaumässigen Suchens. Von dem Vater der Erfinder, dem Besitzer einer Feilenfabrik und Stahlgiesserei, ist den Söhnen (Reinhard und Max Mannesmann) das Problem gestellt worden, mit dem er sich bereits jahrelang bemüht hatte: aus einem mit einer Bohrung bereits versehenen Blocke durch Auswalzung ein Rohr zu erzielen. Die Lösung ist namentlich durch ein eindringendes Studium der Bewegungsvorgänge und des Bewegungszwanges, um den es sich hier handelt, gefunden worden, also ein Triumph der Kinetik nicht minder als der technischen Praxis. (*Ztschr. d. Vereins deutscher Ing.* 1890, No. 25.)

Neu erschienene Bücher und Schriften.

Theorie des Potentials und ihre Anwendungen auf Elektrostatik und Magnetismus von Emile Matthieu, Professor der Mathematik zu Nancy. Autorisierte deutsche Ausgabe von H. Maser, Berlin. Julius Springer. 1890. X und 374 S. 8°. M. 10,—.

In dem vorliegenden Werke giebt der Verfasser, welcher mit der vorhandenen Litteratur und besonders mit den Arbeiten unserer grossen deutschen Mathematiker Gauss, Lejeune-Dirichlet und Riemann wohl vertraut und durch eigene hervorragende Untersuchungen auf dem Gebiete der theoretischen Physik rühmlichst bekannt ist, eine elegante, klare und möglichst strenge Darstellung der Theorie nicht nur des Potentials, sondern auch einer Reihe verwandter Funktionen. Mit grosser Vollständigkeit und unter Berücksichtigung der modernen physikalischen Vorstellungen sind die Anwendungen der Potentialtheorie auf die Probleme der Elektrostatik und des Magnetismus jedoch mit berechtigter Ausschliessung der Aufgaben von lediglich analytischem Interesse behandelt.

Da der genauere Inhalt des Originals den Fachgenossen aus den eingehenden Besprechungen desselben in *Wied. Beibl.* IX 362, 363; X 527—30 wohl hinlänglich bekannt ist, so wäre hier nur noch hervorzuheben, dass die Übertragung ins Deutsche eine durchaus treffliche ist; nur an wenigen Stellen verrät eine allzugrosse Treue die Übersetzung. In einem kurzen Anhang behandelt H. Maser nochmals die Verteilung der Electricität auf zwei Kugeln und zwar nach der Methode von C. Neumann und unter Verwendung der bipolaren Koordinaten von Thomson. Kurze kritische Anmerkungen der Art etwa, wie sie Prof. Wangerin den Gauss'schen Allgemeinen Lehrsätzen (Ostwald's Klassiker No. 2) angefügt hat, wären zwar sicherlich sehr erwünscht, aber zur Zeit wohl kaum herstellbar gewesen. *H. Hahn-Machenheimer, Berlin.*

Astronomi med Opgaver, Tabeller og Stjernekort, af Julius Petersen, Overlærer, og Georg Forchhammer, polyt. Kand. Köbenhavn, Lehmann & Stages Forlag, 1889. 8°. 94 S.

Die Verfasser der „Mekanisk Fysik“ behandeln in diesem Buche dasjenige, was wir mathematische Geographie zu nennen pflegen, und zwar in 6 Abschnitten: Die Erde, die Fixsterne, die Sonne, der Mond, die Planeten, und zuletzt die Kometen und Sternschnuppen. Auf die scheinbaren Bewegungen wird nur sehr kurz eingegangen; die Darstellung ist knapp aber exakt und setzt ein streng geschultes Denkvermögen voraus: Zenit und Nadir sind definiert als die unendlich fernen Punkte der im Standpunkt des Beobachters errichteten Vertikalen, der Horizont ist die unendlich ferne Grenze der Horizontalebene u. s. w., und vom Himmelsgewölbe oder der Himmelskugel ist kaum die Rede. Jedem Abschnitte folgt eine Anzahl gut gewählter Aufgaben. Einige Tabellen: Refraktion, die Zahlengrössen des Sonnensystems, Deklination und Rektascension der wichtigsten Sterne u. s. w., und eine ganz einfach gehaltene Karte des nördlichen Sternenhimmels beschliessen das Ganze.

Wohlthuend berührt die Kürze des Buches: sie gestattet dem Lehrer freie Bewegung und lässt den Schüler nicht vor der Menge des Materials erschrecken. Dass an den Lehrer, der dies Buch benutzen soll, recht hohe Anforderungen gestellt werden, wird man billigen. In dieser Form aber ist die mathematische Geographie, wie die Verfasser auch wollen, nur für die obersten Klassen der höheren Lehranstalten verwendbar. *R. v. Fischer-Benzon, Kiel.*

Mathematische Geographie. Ein Leitfaden zunächst für die oberen Klassen höherer Lehranstalten, bearbeitet von Prof. Dr. A. Hoffmann, weiland Oberlehrer an der Realschule 1. Ord. zu Münster. Vierte vermehrte Auflage, bearbeitet von J. Plassmann, ord. Gymnasiallehrer in Warendorf. Verlag von Ferd. Schöningh, Paderborn 1890. 174 S. 2 Mk.

Da Referent die älteren Auflagen aus eigener Anschauung nicht kennt, so entnimmt er dem Vorwort des Bearbeiters, dass besonders die eigentliche Himmelskunde eine grössere Berücksichtigung gegen früher erfahren hat. Die beigegebene Sternkarte ist in der That vortrefflich; sie ist gross und übersichtlich und kann zugleich als ein Beispiel stereographischer Projektion dienen. Was die didaktische Seite des Leitfadens betrifft, so haben die darin bethätigten Grundsätze in dieser Zeitschr. (II, 4, S. 198) bereits eine zustimmende Besprechung gefunden.

Nur wenige Punkte möchte Referent geändert sehen. Die Zeichnung eines Teils der Mondbahn um die Sonne (S. 185) ist sehr geeignet, bei den Schülern eine unrichtige Vorstellung zu erwecken, ebenso der zur Erklärung benutzte Ausdruck „geschweifte Linie“. Bekanntlich ist die Projektion dieser Bahn auf die Ebene der Erdbahn, von der Sonne aus gesehen, überall concav. — Die Meinung, dass Binnenscen keine Ebbe und Flut zeigen (S. 108), ist nicht zu-

treffend. Schon seit Jahren werden am Ufer des Michigan dergleichen Beobachtungen regelmässig notiert, in Chicago sowohl wie in Milwaukee. — Zur Theorie dieser Naturerscheinung wäre noch manches zu bemerken, was indessen aus Mangel an Raum unterbleiben muss.

R. Wronsky, Gartz a. O.

Programm-Abhandlungen.

Physikalische Aufgaben aus der Mechanik nebst Auflösungen für die Prima höherer Lehranstalten von Stanislaus Rychlicki. (Kgl. Gymnasium zu Wongrowitz, 1890.) 8.— 47 S.

Diese Sammlung zahlreicher Rechenaufgaben, die mit Andeutungen zur Lösung und den Resultaten versehen sind, wird sich mit Nutzen zur Einübung der Sätze und Formeln der Statik und Mechanik verwenden lassen. Behandelt sind: das Parallelogramm der Kräfte, die schiefe Ebene, der Hebel, der Schwerpunkt, die Rolle, das Rad an der Welle, ferner der freie Fall und das Gleiten, der senkrechte und der schiefe Wurf, die Centralbewegung, die Grösse der Gravitation, das einfache Pendel, das spezifische Gewicht, das Archimedische Prinzip, die Ausflusgeschwindigkeit und das Mariotte'sche Gesetz. Jedem Abschnitt ist eine kurze Erklärung der zur Verwendung kommenden Gesetze vorausgeschickt. Zu vermissen ist beim Wurf die praktisch wichtige Formel für die Geschwindigkeit als Funktion der Höhe. Einige Aufgaben lassen sich unmittelbar durch Einsetzen der Daten in eine der Grundformeln lösen, bei andern ist eine vorhergehende Überlegung auf die Aufstellung der den Wortlaut umschreibenden Gleichungen zu richten. Als besonders brauchbar seien diejenigen Aufgaben hervorzuheben, in denen es sich um die Combination mehrerer einfacher Maschinen, oder um eine Aneinanderreihung mehrerer Bewegungen handelt. Die Resultate zeigen eine übermässige Genauigkeit, z. B. wird die Richtung der Resultante zu zwei rechtwinkligen Componenten von 60 und 91 kg bis auf 0,01" bestimmt. Ferner wird eine Schwere-Beschleunigung mit 9 Ziffern angegeben. Eine physikalische Constante g von dieser Genauigkeit existiert schon deshalb nicht, weil die Anziehungskraft der Erde zum Teil auch von frei beweglichen Körpern an ihrer Oberfläche ausgeht. Je nachdem ein Beobachter eines schwingenden Pendels seinen Standort oberhalb oder unterhalb desselben wählte, ergäbe sich die letzte Ziffer verschieden; die Kraft, durch welche Ebbe und Flut erzeugt werden, würde sogar die drei letzten Ziffern von der Stellung des Mondes abhängig machen.

Über einzelne Aufgaben ist noch folgendes zu bemerken. Wenn ein schwimmender Kahn sich in einer Strömung von der Geschwindigkeit v befindet und seine Kielrichtung mit ihr den Winkel α bildet, so glauben wir, dass der Kahn, von der Strömung fortgetragen, sich in deren Richtung mit der Geschwindigkeit v bewegen wird, wenn er nicht etwa nach Art der fliegenden Brücken an eine abweichende Bahn gefesselt ist; der Verfasser schliesst jedoch aus dem Parallelogramm der Kräfte, dass der Kahn sich in seiner eignen Richtung mit der Geschwindigkeit $v \cos \alpha$ bewegt, und dass er, wenn der Strom die Breite a hat, in $a/v \sin \alpha \cos \alpha$ Sekunden von einem Ufer zum andern hinübertreibt.

Aus der Zeit, die ein Körper braucht, um von einer schiefen Ebene von gegebener Länge herabzurollen, den Neigungswinkel derselben zu bestimmen (S. 27), ist unmöglich, wenn nicht Gestalt und Dimensionen des rollenden Körpers gegeben sind. Das der Aufgabe beigelegte Resultat zeigt, dass dem Körper nur eine gleitende Bewegung beigelegt sein sollte. Der Grund für die so häufig missbräuchliche Anwendung des Wortes Rollen statt Gleiten dürfte darin liegen, dass man durch diese Fassung der Rücksichtnahme auf die Reibung überhoben zu sein glaubt, welche die theoretischen Sätze über das Gleiten praktisch selten zur Geltung kommen lässt. In dieser Hinsicht wäre es angemessener, die Lasten mittelst eines leichten Wagens längs der schiefen Ebene herabzuführen zu lassen. Wenn die Masse der Räder gegen die der Last nur gering ist, so hat das Rollen derselben nur wenig Einfluss und die Bewegung ist fast dieselbe wie die eines ohne Reibung gleitenden Schlittens.

Die Frage, um wieviel eine Pendeluhr täglich vorgehe, wenn man sie in einen 250 m tiefen Schacht senke, ist unter der irrthümlichen Annahme beantwortet, dass auch unter der Erdoberfläche die Schwere dem Quadrat der Entfernung vom Mittelpunkt umgekehrt proportional sei. Bei der einfachsten Annahme einer homogenen Erde ist die Kraft vielmehr der Entfernung direkt proportional, die Uhr müsste nachgehen. Da aber die äusseren Schichten der Erde eine relativ geringe Dichtigkeit haben, so geht die Uhr zwar thatsächlich vor, aber um einen Betrag, zu dessen Berechnung uns die Daten fehlen.

Für das konische Pendel auf der Schwungmaschine würde sich bei Anstellung des Versuchs statt des Pendelfadens ein an der Axe eingelenkter Stab empfehlen, um die Rotations-

bewegung von der Axe aus wirksam auf die Pendelkugel zu übertragen. Die Auflösung $tg\alpha = \frac{4\pi^2 l}{g^2} : g$ beruht auf einem Irrtum, der sich auch in der Aufgabensammlung von Jansen (S. 22) findet. Statt der Stablänge l ist der Radius ($l \sin \alpha$) des Kreises zu setzen, den das Pendel beschreibt. In der Erklärung der Centralbewegung ist nicht hervorgehoben, dass die Centrifugalkraft nur eine fingierte Kraft ist, deren Einführung die Berücksichtigung der Rotation ersetzt und es so ermöglicht, die Kreisbewegung, die nur ein relatives Gleichgewicht bezüglich der Rotationsaxe darstellt, als ein wirkliches Gleichgewicht zu behandeln. Sehr klar führt Poincaré in seiner Theorie der Drehung eines Körpers um einen Punkt, die Centrifugalkraft ein. Wenn ein Molekül mit der Winkelgeschwindigkeit ϑ einen Kreisbogen beschreibt, so fügt er zu den vorhandenen Kräften noch zwei hinzu, die sich aufheben. Sie haben die Grösse $r\vartheta^2$, die eine ist zum Centrum hin, die andere von ihm abgewandt. Die erste für sich allein unterhält die Kreisbewegung, für deren ungestörten Fortgang es mithin nötig wird, dass die zweite, die Centrifugalkraft, sich mit den übrigen wirksamen Kräften, etwa der Fadenspannung, in Gleichgewicht gesetzt hat. Übrigens ist für die einfachen Beispiele, die gewöhnlich behandelt werden, die Fiction der Centrifugalkraft überflüssig, und, weil sie leicht missverstanden wird, schädlich.

In dem Abschnitt über das specifische Gewicht erklärt der Verfasser das Gramm als einen bestimmten Druck, das sogenannte specifische Gewicht als das Verhältnis eines wirklichen Gewichts zu einem Volumen. Das sind veraltete und unrichtige Auffassungen, die man in den Schulen hoffentlich bald vergeblich suchen wird. Die Aufgaben lassen sich übrigens leicht davon befreien oder verlangen vielmehr von selbst die Ersetzung der erzwungenen Vorstellung des Gewichts durch die der Masse.

Ob es einen physikalischen Wert hat, die Fläche einer luftleeren hohlen Kugel mit dem Betrag des äusseren Luftdrucks pro Flächeneinheit zu multiplizieren, also Kräfte von verschiedenen Richtungen zu addieren, erscheint uns zweifelhaft.

Hervorgehoben sei endlich noch eine Aufgabe, die trotz äusserst vereinfachender Annahmen zu einem ziemlich genauen Resultat führt. Um die Zeit auszurechnen, in der der Mond frei zur Erde fallen könnte, wird für den ganzen Weg die Beschleunigung als unveränderlich angenommen, = $0,0027 (m \text{ sec}^{-2})$, nämlich gleich der Anziehung, die den Mond jetzt in seiner Kreisbahn erhält. Dann ergibt sich für die Fallzeit etwa 6 Tage. Der genaue Wert beträgt etwa $4\frac{1}{2}$ Tage. Der Unterschied zwischen beiden Zeiten erscheint gering, wenn man erwägt, dass sich die constant vorausgesetzte Kraft während der Bewegung thatsächlich im Verhältnis 1:3600 ändert.

M. Koppe.

Aufgaben aus der Statik und Dynamik mit Beispielen, welche an preussischen Anstalten in der Entlassungsprüfung bearbeitet worden sind. Von Dr. Rehdans. (Kgl. Gymnasium zu Graudenz, 1890.) Pr. No. 32.

Der uns vorliegende Abdruck enthält nur die Statik (S. 16–31), als mathematische Vorübung ist ein Skelett der Differential- und Integralrechnung, der Reihentheorie und der Lehre von den Kegelschnitten vorangestellt. Soll wirklich mit diesem zusammengetragenen Vielerlei der Schüler in physikalischen oder mathematischen Stunden überschüttet werden? Gewiss ist es erfordern, keine Gelegenheit zu versäumen, um ihn mit dem Geist der Differentialrechnung bekannt zu machen, aber eine verfrühte Einführung in ihren Formalismus führt zum Buchstabendienst und mechanischer Aneignung. Abkürzungen sollten erst dann angewandt werden, wenn dem Lernenden das Bedürfnis danach sich aufdrängt. Wer wirklich in vielen Beispielen mühsam Summen von vielen kleinen Summanden unter individueller Auffassung jedes einzelnen Elementes zusammengefügt und in geschlossene Ausdrücke verwandelt hat, der hat dadurch eine bessere Schulung für das Verständnis der Integralrechnung erhalten, als sie ihm die frühzeitige Mitteilung einiger allgemeiner Sätze bieten kann. Die Eigenschaften der Kegelschnitte werden mittelst der den Kegel und die Schnitt-Ebene berührenden Kugeln sehr einfach bewiesen, nur für die Constanz des Verhältnisses der Abstände eines Punktes von dem Brennpunkt und von der Directrix verwendet der Verfasser eine lange unübersichtliche Rechnung, obwohl auch hier die anschauliche Ableitung sehr nahe lag. Durch Integration werden die Flächen aller Kegelschnitte und die Länge des Ellipsen-Quadranten ermittelt. In der Statik wird das schwere mathematische Rüstzeug zur Bestimmung der Anziehung der Kugelschale, des Kegels und des Cylinders verwandt. Für erstere giebt es instruktive elementare Methoden, die letzteren sind unwichtig. Ausserdem wird durch Differentiieren das Maximum einer Funktion bestimmt, die sich leicht in $\cos x$ hätte verwandeln lassen.

Die physikalischen Thesen, die jedem Abschnitt der Beispiele vorangehen, bieten viel Seltsames. Wird ein Körper von einem Ort zu einem andern hinübergeführt, so wird eine Arbeit verrichtet (auch bei wagerechter Bewegung einer Last?). — Die Kraft k ist diejenige, welche in 1 sec $k \text{ kg}$ 1 m hochhebt, oder 1 kg km hoch. (Wenn $k \text{ kg}$ gehoben werden, so ist eine äussere Kraft anzuwenden, die gleich dem Gewicht von $k \text{ kg}$ ist, die Masse steht dann unter Einfluss dieser Kraft und ihres eigenen Gewichts, ist also im Gleichgewicht, der geringste Impuls bewirkt, dass sie emporschwebt, und wird von ihr zurückerstattet, wenn man sie in 1 m Höhe anhält. Die Zeitdauer dieser Bewegung ist für die Grösse der hebenden Kraft unwesentlich. Wenn dagegen 1 kg km hoch steigen soll, ist eine äussere Kraft anzuwenden, die gleich dem Gewicht von 1 kg ist.) Dieser Definition entsprechend wird in den Beispielen etwa verlangt, zwei Kräfte von 120 und 95 mkg zusammensetzen, die in einem Punkt oder die in den Endpunkten einer Geraden wirken. (Sollten diese Aufgaben wirklich als Abiturienten-Aufgaben gestellt sein?)

Zu der Aufgabe: Welchen Druck hat ein um 18° geneigtes Brett auszuhalten, auf dem ein Gewicht von 750 kg liegt, scheint die Antwort „ $750 \cos 18^\circ \text{ kg}$ “ erwartet zu werden, nämlich der Druck, den ein gleitendes Gewicht hervorbrächte. Zieht man jedoch die das Gleiten verhindernde Reibung in Rechnung, so muss sich der Gesamtdruck so gross wie auf wagerechter Ebene $= 750 \text{ kg}$ ergeben.

Die Dyne wird erklärt als die (offenbar äusserst geringe) Anziehung, welche zwei Massen von je 1 gr aus der Entfernung 1 cm auf einander ausüben: (Sie ist vielmehr gleich dem Gewicht, welches ein Gramm da besitzt, wo die Schwerkraft $= 1 \text{ (cm sec}^{-2})$ ist.)

Der Schwerpunkt wird erhalten als Angriffspunkt der Resultante der von dem Erdmittelpunkt auf die Körpermoleküle ausgeübten Kräfte. Aber der Angriffspunkt einer Kraft ist unbestimmt; es war zu beweisen, dass für alle Lagen des Körpers die Resultante durch einen im Körper festen Punkt geht, diesen kann man dann erst als den Schwerpunkt des Körpers bezeichnen.

Momente werden unter allen Umständen als statische bezeichnet. Es werden 3 Arten derselben betrachtet. St. M. einer Kraft in Bezug auf einen Punkt, St. M. einer Kraft in Bezug auf eine Ebene, St. M. eines Kräftepaars. Die zweite Art von Momenten ist definiert als Produkt aus einer Kraft und der Entfernung ihres Angriffspunktes von der Ebene, bleibt also unbestimmt, da der Angriffspunkt verschiebbar ist. Der Satz, dass die Summe der Momente paralleler Kräfte gleich dem Moment der Resultante, ist daher unbeweisbar, der kurze auf 2 Kräfte bezügliche Beweis des Verfassers macht stillschweigend noch die Voraussetzung, dass der Angriffspunkt der Resultante auf den Verbindungsgeraden der einzelnen Angriffspunkte angenommen wird.

Die richtigen Bezeichnungen und Begriffe wären 1) Drehungsmoment einer Kraft in Bezug auf eine Axe, anzuwenden beim Hebel und beim Rad an der Welle; 2) Statisches Moment eines Körpers oder Massensystems in Bezug auf eine Ebene, anzuwenden zur Bestimmung des Schwerpunktes; 3) das Moment eines Kräftepaars. Liegen die drehenden Kräfte in einer zur Drehungsaxe senkrechten Ebene, so kann man das Drehungsmoment auch auf den Schnittpunkt der Axe mit der Ebene beziehen. Wenn ferner Massen in einer Ebene oder in einer geraden Linie ausgebreitet sind, so nimmt man häufig die Bezugsebene des statischen Momentes zu diesen senkrecht, es scheint dann, als ob sich ein statisches Moment auf die Schnittlinie oder den Schnittpunkt beziehe, es ist aber doch von einem Drehungsmoment verschieden. Weicht z. B. ein physisches Pendel um den Winkel α aus seiner Gleichgewichtslage ab, und ist S sein statisches Moment in Bezug auf die Ebene des Pendelkörpers, welche durch seine Drehungsaxe geht und in der Gleichgewichtslage wagerecht ist, so ist allgemein das Drehungsmoment $= gS \sin \alpha$. In der Formel für die Schwingungsdauer eines physischen Pendels kommt also das constante statische Moment, nicht das veränderliche Drehungsmoment vor.

Ausser den schon erwähnten Abschnitten über Kräftezusammensetzung, Momente, Massenanziehung und Schwerpunkt finden sich noch Aufgaben über die Stabilität und die Theorie der Wage.

M. Koppe.

Die Bedingung des Druckmaximums für eine durch den Stoss einer strömenden Flüssigkeit in Kreisbahn fortbewegte Fläche und die Verwertung des Ergebnisses für die Konstruktion von Wind- bzw. Wasserrädern und Propellern. Von Paul Crüger. *Gymnasium zu Stolp*. 1890. Pr. No. 139.

Der Verfasser denkt sich einen schmalen Flächenstreifen um eine ihm parallele und zur strömenden Flüssigkeit senkrechte Axe im Kreise herumbewegt und untersucht nun, welches in

jedem Augenblicke seine Lage zum Radius sein muss, damit bei gegebener Umlaufgeschwindigkeit die Arbeit, welche die Strömung an ihm leistet, so gross wie möglich sei. Den grösseren Teil des Aufsatzes bilden dann sechs verschiedene Vorschläge solcher mechanischer Einrichtungen, welche die Schaufeln selbstthätig in die richtige Lage bringen. Die Grundlagen der Rechnung sind die gewöhnlichen, jetzt vielfach als unzutreffend erkannten, dass der Druck dem Quadrate der Normalcomponente der relativen Flüssigkeitsgeschwindigkeit proportional sei. Immerhin beeinflusst dies die Rechnung nur in dem Sinne, dass die wirklichen Verhältnisse sich günstiger herausstellen, als die Rechnung ergibt. Wenn der Vorschlag sich konstruktiv bewähren sollte, erleben wir vielleicht die Einführung feststehender Windmühlen, welche anstatt der bekannten vier Flügel, deren Axe immer nach dem Winde gedreht werden muss, auf ihrem Haupte ein vierschauliges Rad mit vertikaler Axe tragen. Zum Schluss untersucht der Verfasser die Verwendbarkeit eines solchen vollständig eingetauchten Schaufelrades als Schiffspropeller.

E. Gerlach.

Versammlungen und Vereine.

Physikalische Gesellschaft zu Berlin.

Sitzung am 16. Mai 1890. Herr Köpsel demonstrierte das Torsionsgalvanometer von SIEMENS & HALSKE, bei welchem der abgelenkte Glockenmagnet durch Torsion in die Nulllage zurückgeführt wird; die Stromstärke ist der Torsion proportional, die Skala so eingerichtet, dass beim Gebrauch ohne äusseren Widerstand 1 Grad = $\frac{1}{1000}$ Volt entspricht. Für grössere Potentialunterschiede sind dem Instrument vier Widerstände von 9 bezw. 99, 999, 9999 *Ohm* beigegeben; da der innere Widerstand des Instrumentes 1 *Ohm* ist, so entspricht bei Einschaltung der genannten Widerstände 1° der Skala $\frac{10}{1000}$ Volt u. s. w. Das Galvanometer kontrolliert man von Zeit zu Zeit durch ein Clark-Element, dessen normale elektromotorische Kraft 1,433 Volt ist, unter Zuhilfenahme von Widerständen, deren jeder 143,3 *Ohm* beträgt. Wird ein solcher Widerstand in einen Stromkreis geschaltet, so muss, wenn die Potentialdifferenz an seinen Enden gerade 1,433 Volt beträgt, ein im Nebenschluss dagegen geschaltetes Clark-Element Stromlosigkeit im Nebenschluss bewirken. Dies kann zur Controlle des Instruments benutzt werden. — Derselbe demonstrierte Widerstände aus Nickelindraht, mit Baumwolle übersponnen und in Bleiröhren gepresst, die zu technischen Zwecken bestimmt sind.

Sitzung am 30. Mai 1890. Herr Lemann demonstrierte eine neue Methode zur Bestimmung der Schwingungszahl einer Stimmgabel. Durch elektrische Unterbrechung werden gezwungene Schwingungen eines Pendels von $\frac{1}{4}$ Sekunde Schwingungsdauer erzeugt und diese Schwingungen zur Regulierung von Stimmgabeln von successive 12, 72, 432 Schwingungen benutzt; mit der letzten können dann Gabeln von 435 Schwingungen leicht verglichen werden. Auch für andere Schwingungszahlen lässt sich die Messung durch Einschaltung passender Zwischengabeln ausführen. — Herr O. Reichel führte seine Versuche zur Demonstration des Kräfteparallelogramms vor (vgl. diese Ztschr. II, 265) und knüpfte daran einen neuen Versuch, um die Zerlegung der Stosskraft bei schiefem Einfallswinkel an demselben Apparat zu demonstrieren. — Herr Pringsheim sprach über Solarisationsversuche und legte eine grössere Anzahl photographischer Platten vor, bei denen durch Überexponieren bei der Fixirung statt des negativen ein positives Bild entstanden war; er führte die Erscheinung auf chemische Änderungen der Haloidsalze des Silbers zurück, denen zufolge in einem gewissen Stadium die photochemische Substanz im Fixirbad nicht mehr lösbar ist, in einem noch späteren ihre Reduzierbarkeit wieder gewinnt.

Sitzung am 13. Juni 1890. Herr B. Schwalbe widmete dem verstorbenen Direktor F. GALLENKAMP Worte ehrender Erinnerung. — Herr H. W. Vogel sprach über Photographie in natürlichen Farben im Anschluss an Bilder, die von VERRESZ der ungarischen Akademie d. W. vorgelegt worden sind. Er gab einen Rückblick darauf, dass bereits SEEBECK 1810 farbige Bilder beobachtet habe, deren Fixirung Becquerel gelungen sei; Nièpee habe transparente derartige Bilder auf Glas, Poitevin und Zenker (1869) solche auf Papier hergestellt. Die Mängel aller dieser Bilder seien, dass die Farben mit den natürlichen nicht identisch und im Sonnenlichte nicht haltbar seien. Die von dem ungarischen Experimentator hergestellten Bilder ständen denen der eben genannten Forscher nach; ein Vergleich mit den Originalen ergebe, dass rot, gelb, grün als rötlich, blau nicht als blau wiedergegeben werde. Eine einfache Überlegung zeige auch, wie unwahrscheinlich es sei, dass ein Körper für alle Farben eine derartige Empfindlichkeit besitze,

dass die gleichen Farben entstehen. SCHULTZ-SELLACK habe diese Farben, die auch unter farblosen Objekten sich bilden, durch die Wirkung eines trüben Mittels erklärt; wenn dies zutrefte, so sei die Übereinstimmung mit den natürlichen Farben ein blosser Zufall. Doch habe auch ZENKER'S Theorie, die auf das Vorhandensein stehender Wellen in der lichtempfindlichen Substanz sich gründe, neuerdings in dem Nachweis solcher Wellen durch O. WIENER eine gewisse Stütze erhalten. — Herr A. Kundt legte eine LENARD'Sche Wismuthspirale vor, die an Stelle einer Wismuthplatte zur Bestimmung von Magnetfeldern dienen kann, und demonstrierte die Änderungen des Widerstandes, welche in einer solchen hervorgerufen werden, wenn sie im magnetischen Felde senkrecht zu den Kraftlinien gestellt wird. Die Spirale ist aus dünnem Draht von einigen Zehntelmillimetern Durchmesser hergestellt und zwischen zwei Glimmerblättchen plattenartig eingelagert. — Herr Lampe teilte mit, dass das Problem des Körpers grösster Anziehung, das vor Gauss von Playfair gelöst sei, schon 1750 in der *Mém. des Savants étrangers* von einem Mr. St. Jacques gestellt und auch zum Teil gelöst worden sei, da sich dort bereits die Meridiancurve des Körpers angegeben finde.

Sitzung am 27. Juni 1890. Herr du Bois hielt einen Vortrag über magnetische Ringssysteme. Nach Darlegung des historischen Ganges der Forschungen über magnetische Induktion setzte er die von John und Edw. Hopkinson entwickelten Formeln auseinander, die den technischen Berechnungen der Dynamomaschinen zu Grunde gelegt werden, und gab die graphische Konstruktion dieser Formeln an. Er teilte endlich die Lösung des Problems der Induktion in einem aufgeschlitzten Ringe mit, die unter denselben Voraussetzungen wie die Hopkinson'schen Formeln entwickelt werden kann. — Herr Raps demonstrierte eine Quecksilberluftpumpe, bei der das Heben und Senken des Quecksilbers durch eine Wippe automatisch bewirkt wird. Derselbe demonstrierte ein Luftthermometer, bei dem die Ausdehnung der Glaswände durch Quecksilber kompensiert und der schädliche Capillarraum infolge völligen Abschlusses des wirksamen Luftvolumens im Thermometergefäss vermieden ist.

Verein zur Förderung des physikalischen Unterrichts in Berlin.

Sitzung am 19. Mai 1890. Herr A. Voss trug Beispiele zur Anwendung der drei Gleichgewichtsbedingungen in der Ebene vor und erörterte die Schwierigkeiten, die der Anwendung der theoretischen Formeln für das Gleichgewicht aus der Unfreiheit des Körpers erwachsen. Im besonderen behandelte er das Gleichgewicht eines schweren Stabes unter verschiedenen Voraussetzungen über dessen Lage und Unterstützung. (Der Inhalt des Vortrages wird in dieser Zeitschrift veröffentlicht werden.)

Sitzung am 2. Juni 1890. Herr Schwalbe sprach über die verschiedenen Mittel, die Leitung der Wärme durch Flüssigkeiten zu demonstrieren. Die Verteilung der Wärme durch Flüssigkeitsströmung wurde durch Krystalle von Kaliumbichromat sichtbar gemacht, ferner auch durch die von Frick angegebene Röhrenleitung. Aus einem kleinen Wasserbehälter wird eine Röhre abwärts geleitet, dann mit zwei rechtwinkligen Biegungen wieder aufwärts geführt und durch einen Kautschukschlauch mit dem Behälter verbunden; dem Wasser wird Sägemehl beigemischt; beim Erwärmen einer der unteren Biegungen setzt sich der Flüssigkeitsstrom in Bewegung. Derselbe demonstrierte darauf das Verfahren von Kundt zur Entwicklung des Wärmeleitungsvermögens der Gase und eine Abänderung dieses Verfahrens für die Wärmeleitung von Flüssigkeiten (vgl. den Aufsatz in diesem Heft, S. 265). — Herr R. Lüpke führt eine Reihe von Versuchen über Phosphorwasserstoff vor, die in dieser Zeitschrift zur Veröffentlichung kommen. — Herr Heitchen zeigte ein selbstangefertigtes Mikrometer und einen Apparat zur Messung des Flüssigkeitsdruckes vor.

Sitzung am 23. Juni 1890. Herr A. Kundt führte Versuche für Erläuterung des Potentials vor. Eine kräftige Leydner Batterie wird mit einer Leitung aus Holzstäben von mehreren Metern Länge verbunden; am Anfang, in der Mitte und am Ende sind weithin sichtbare Elektroskope nach Art des Henley'schen Quadrantenelektrometers angebracht. Bei isolirtem Leitungsende divergieren alle drei gleich stark; wird das Ende zur Erde abgeleitet, so zeigt die Divergenz der Elektroskope eine Abnahme, entsprechend der Abnahme des elektrischen Potentials, derart dass das der Batterie zunächst gelegene am stärksten, das entfernteste am schwächsten divergiert. Durch Einschaltung verschieden guter Leiter kann die Abhängigkeit des Gefälles vom Widerstande der Leiter demonstriert und das Ohm'sche Gesetz veranschaulicht werden. Parallel mit diesen

Versuchen wird die Abnahme der Druckhöhe in einer Röhrenleitung mit gefärbtem Wasser vorgeführt und hierdurch die Analogie des elektrischen Potentials mit dem Erdpotential erläutert. Der Vortragende wies mit besonderem Nachdruck darauf hin, dass die Elektroskope und Elektrometer lediglich als Potentialmesser aufzufassen seien. Bei der Einführung des Potentials legt der Vortragende für akademische Vorlesungen von Anfang an den Arbeitsbegriff zu Grunde. — Herr Rubens (a. G.) setzt darauf ein Verfahren auseinander, die Hertz'schen Versuche über Reflexion elektrischer Wellen an Hohlspiegeln objektiv sichtbar zu machen (vgl. diese Ztschr. III, 261). Die Versuche wurden darauf vorgeführt. Ueberraschend war dabei, dass die elektrischen Wellen auch durch eine Person, die sich in ihren Weg stellt, aufgehalten, und von einer Reihe von Personen, die angemessen gestellt waren, wie von einem Gitter reflektiert wurden.

Mitteilungen aus Werkstätten.

Normalstimmgabeln. Die Firma Warmbrunn, Quilitz & Co. in Berlin fertigt zwei Sorten Stimmgabeln an, die von der physikalisch-technischen Reichsanstalt auf eine Halbschwingung genau justiert werden und den Stempel dieser Anstalt tragen. Die Gabeln sind auf den Normalstimmton a (870 Halbschwingungen = 435 Ganzschwingungen) abgestimmt, die kleineren dienen zum Handgebrauch behufs Prüfung einzelner Musikinstrumente, die grösseren, auf Schallkasten befindlichen, für Orchesterstimmung und für wissenschaftliche Zwecke. Die grösseren sind nicht aus geschmiedetem Gussstahl, sondern aus gefraistem Wolframstahl angefertigt und haben genau äquilibrierte Zinken. Sie werden auf Wunsch auch als Präcisionsgabeln bis auf $\frac{1}{10}$ Ganzschwingung genau justiert. Der Preis beträgt für die kleinen Gabeln M. 10, für die grossen einschliesslich Schallkasten und Umhüllungskasten M. 40. Für Präcisionsgabeln erhöht sich dieser Preis um M. 5.

Correspondenz.

Zu dem Aufsatz in Heft 4 „Experimentelle Einführung in die Lehre vom elektrischen Potential“ ist dem Herausgeber eine Anzahl zustimmender Zuschriften zugegangen, aus denen hervorgeht, dass dem Gegenstande ein lebhaftes Interesse entgegengebracht wird. Von den weiteren Vorschlägen, die bei der Gelegenheit laut geworden sind, mögen die folgenden Erwähnung finden.

Herr Prof. PFAUNDLER (Innsbruck) zieht statt der Szymanski'schen Fähnchen (*a. a. O. S. 163*) die Verwendung einer Probekugel oder eines Probescheibchens vor, um die Verschiedenheiten der Diche an verschiedenen Stellen der Würfeloberfläche nachzuweisen. Er hält es für zweckmässig, wenn auch in der Wärmelehre künftig der Begriff der Capacität = Wasserwert gebraucht und statt „specifische Wärme“ die Bezeichnung spezifische Wärmecapacität eingeführt würde.

Herr B. KOLBE (St. Petersburg) vermisst auf S. 170 den Hinweis, dass man nicht bloss die Potentialdifferenz, sondern auch den positiven und negativen Pol eines Elementes auf die dort angegebene Weise demonstrieren kann. Dies schien keiner besonderen Ausführung zu bedürfen, da bei der ebendort angegebenen Messung des Potentials eines Pols, während der andere Pol zur Erde abgeleitet ist, sich die Entgegengesetztheit der Pole unmittelbar ergibt. Zu dem Versuch an der Influenzmaschine (*S. 170, No. 18*) schlägt derselbe vor, das Papierelektroskop weiter abzurücken und einen isolirten Draht mit kleinerem Probierhaken an der Schnur entlang zu führen.

Herr P. SZYMANSKI hat eine einfache Methode der Aichung von Elektroskopen mit Hilfe der Leydner Flasche gefunden, über welche im nächsten Hefte ausführlichere Mitteilungen erfolgen sollen. — Eine genauere Behandlung des Ohm'schen Gesetzes im Anschluss an die Einführung des Potentialbegriffs wird von einem anderen Mitarbeiter im Laufe des nächsten Jahrgangs gegeben werden.

Es sei endlich bei diesem Anlass auch auf die Versuche hingewiesen, die Herr Prof. A. KUNDT im Verein zur Förderung des physikalischen Unterrichts am 23. Juni vorgeführt hat. —

Auf eine Anfrage, für welche Unterrichtsstufe der genannte Lehrgang bestimmt sei, möge als Auskunft dienen, dass eine Gymnasial-Obersekunda mit einjährigem Cursus in Elektrizität und Magnetismus vorausgesetzt ist, und dass der angegebene Stoff zum Teil im ersten Semester (Reibungs-Elektrizität), zum Teil im zweiten (Galvanismus) absolviert wird.

T. H. — Die Messung eines elektrischen Feldes durch Probekugeln und Spitzen wird im nächsten Heft eingehender erörtert werden.

Himmelserscheinungen im September und Oktober 1890.

☾ Mond, ♀ Merkur, ♀ Venus, ♂ Erde,
☉ Sonne, ♂ Mars, ♃ Juppiter, ♄ Saturn.

Monatstag	September						Oktober						
	3	8	13	18	23	28	3	8	13	18	23	28	
Helio- centrische Längen.	272°	286	301	318	338	360	26	56	87	118	145	168	☉ ☽ ♂ ♀ ♃ ♄
	286	294	302	310	318	326	333	341	349	357	5	13	
	341	346	351	355	0	5	10	15	20	25	30	35	
	304	307	310	313	316	319	322	326	329	332	335	338	
	310	311	311	312	312	313	313	313	314	314	315	315	
	157	158	158	158	158	158	158	159	159	159	159	159	
Geo- centrische Recta- scensionen.	37°	103	164	221	293	6	72	137	195	259	334	70	☾ ☽ ♂ ♀ ♃ ♄
	186	190	192	193	190	186	182	180	183	188	194	202	
	204	209	214	219	223	228	233	238	242	246	250	253	
	162	167	171	176	180	185	189	194	199	203	208	213	
	257	260	263	266	270	273	277	281	284	288	292	296	
	306	305	305	305	305	305	305	305	305	305	306	306	
	160	161	161	162	162	163	164	164	165	165	166	166	
Geo- centrische Dekli- nationen.	+ 11°	+ 25	+ 12	- 13	- 25	- 3	+ 22	+ 21	- 1	- 23	- 16	+ 12	☾ ☽ ♂ ♀ ♃ ♄
	- 5	- 8	- 9	- 10	- 9	- 6	- 2	+ 0	+ 1	- 1	- 4	- 7	
	- 11	- 14	- 16	- 18	- 20	- 22	- 23	- 25	- 26	- 27	- 27	- 28	
	+ 7	+ 6	+ 4	+ 2	- 0	- 2	- 4	- 6	- 8	- 10	- 11	- 13	
	- 26	- 26	- 26	- 26	- 26	- 26	- 26	- 26	- 25	- 25	- 24	- 23	
	- 20	- 20	- 20	- 20	- 20	- 20	- 20	- 20	- 20	- 20	- 20	- 20	
	+ 10	+ 10	+ 10	+ 9	+ 9	+ 9	+ 9	+ 9	+ 8	+ 8	+ 8	+ 8	
Aufgang.	7 ^h 17 ^m	17.25	17.34	17.42	17.51	17.59	18.7	18.16	18.24	18.34	18.43	18.53	☉ ☾
	8 ^h 48 ^m	11.40	17.13	23.20	3.58	6.15	8.4	12.39	18.35	—	3.42	5.11	
Untergang.	3 ^h 42 ^m	6.31	6.19	6.7	5.55	5.43	5.31	5.20	5.9	4.58	4.47	4.37	☉ ☾
	23 ^h 53 ^m	4.15	6.35	7.50	11.26	18.41	0.4	4.2	5.25	7.19	13.21	20.23	
Zeitgleichg.	-0 ^m 47 ^s	-2.27	-4.10	-5.56	-7.41	-9.23	-11.0	-12.28	-13.44	-14.48	-15.37	-16.8	☉

Daten für die Mondbewegung (in Berliner Zeit):

September 5 16 ^h 23 ^m Letztes Viertel	Oktober 5 9 ^h 17 ^m Letztes Viertel
„ 10 12 Mond in Erdferne	„ 8 3 Mond in Erdferne
„ 13 20 47 Neumond	„ 13 11 59 Neumond
„ 21 10 59 Erstes Viertel	„ 20 18 30 Erstes Viertel
„ 26 5 Mond in Erdnähe	„ 23 23 Mond in Erdnähe
„ 28 1 53 Vollmond	„ 27 12 36 Vollmond.

Constellationen. September 3 6^h ♄ in grösster östlicher Elongation; 12 17^h ♄ ♂ ☾; 15 13^h ♄ ♂ ☾; 17 18^h ♄ ♂ ☾; 18 5^h ♄ im Aphel; 21 11^h ♂ ♂ ☾, ♂ ☐ ☉ (Mars in Quadratur mit der Sonne); 22 15^h ☉ tritt ins Zeichen der Wage, Herbst-Äquinocium; 23 19^h ♄ ♂ ☾; 24 9^h ♄ in grösster östlicher Elongation; 29 8^h ♄ ♂ ☉, wird Morgenstern. — Oktober 10 7^h ♄ ♂ ☾; 11 5^h ♄ im Perihel; 11 20^h ♄ ♂ ☾; 14 21^h ♄ in grösster westlicher Elongation; 17 2^h ♄ ♂ ☾; 17 9^h ♄ ♂ Antares (schöne Constellation); 20 1^h ♂ ♂ ☾; 21 2^h ♃ ♂ ☾; 26 15^h ♃ ☐ ☉; 27 ♄ im grössten Glanz (48 mal α Lyrae).

Durch ziemlich viele Meteore sind ausgezeichnet: September 6–7, 13–16, 26–27; Oktober 17–24.

Veränderliche Sterne (mit Feldstecher oder Opernglas zu beobachten): 1) vom Algol-Typus. Minima von *Algol* selbst treten ein: September 15 15^h, September 18 12^h, September 21 9^h; Oktober 8 14^h, Oktober 11 10^h, Oktober 14 7^h, Oktober 28 15^h, Oktober 31 12^h; Minima von λ *Tauri*: September 1 15^h, September 5 14^h, September 9 13^h, September 13 12^h, September 17 10^h, September 21 9^h; 2) regelmässig veränderliche weisse Sterne, täglich zu beobachten, und 3) unregelmässig veränderliche Sterne, siehe die Notizen für Juli und August.

J. Plassmann.

Verlag von Julius Springer in Berlin N.

Elemente der Experimental-Chemie.

Ein methodischer Leitfaden
für den
chemischen Unterricht an höheren Lehranstalten.

Von

Dr. O. Lubarsch,

ord. Lehrer am Friedrichs-Realgymnasium zu Berlin.

In zwei Teilen.

I. Teil: Die Metalloide. Preis M. 2,40. — II. Teil: Die Metalle. Preis M. 2,40.

Technik des chemischen Unterrichts

auf höheren Schulen und gewerblichen Lehranstalten.

Eine kurze Anleitung zur Ausführung der grundlegenden chemischen Demonstrationsversuche.

Für den praktischen Schulgebrauch,
sowie für den Selbstunterricht in Experimentieren

bearbeitet von

Dr. O. Lubarsch,

ord. Lehrer am Friedrichs-Realgymnasium zu Berlin.

Mit 64 in den Text gedruckten Abbildungen. — Preis M. 4,—.

Physikalisch-chemische Tabellen

von

Dr. H. Landolt

Prof. d. Chemie a. d. Landw. Hochschule z. Berlin,
Mitglied d. K. Akademie d. Wissenschaften.

und

Dr. Richard Börnstein

Professor der Physik an der Landwirthschaftlichen
Hochschule zu Berlin.

Preis geb. in Leinwand M. 12,—.

Kurzes Lehrbuch der anorganischen Chemie

gegründet auf die Thermochemie mit Benutzung der thermochemischen Daten.

Von

Alfred Ditte

Professor der Chemie an der faculté des sciences zu Caën.

Autorisierte deutsche Ausgabe

von

Dr. H. Böttger.

Mit 111 in den Text gedruckten Holzschnitten.

Preis M. 6,—; geb. M. 7,—.

CHEMIKER-KALENDER.

Ein Hilfsbuch für Chemiker, Physiker, Mineralogen, Industrielle, Pharmaceuten, Hüttenmänner etc.

Herausgegeben von

Dr. Rudolf Biedermann.

In zwei Teilen.

I. Teil in Leinwandband. — II. Teil (Beilage) geh. Preis zusammen M. 3,—.

I. Teil in Lederband. — II. Teil (Beilage) geh. Preis zusammen M. 3,50.

Zu beziehen durch jede Buchhandlung.

Lehrbuch der Elektrizität und des Magnetismus

von
E. Mascart und **J. Joubert**
Professor am College de France Professor am College Rollin.

Autorisirte deutsche Uebersetzung
von
Dr. Leopold Levy.

In 2 Bänden.

Mit zahlreichen in den Text gedruckten Holzschnitten.
Preis M. 30,—; in 2 Leinwandbänden geb. M. 32,40.

Lehrbuch der Electricität und des Magnetismus

von
James Clerk Maxwell, M. A.
Autorisirte deutsche Uebersetzung

von
Dr. B. Weinstein.

In zwei Bänden. — Mit zahlreichen Holzschnitten und 21 Tafeln.
Preis M. 26,—; in 2 Leinwandbänden geb. M. 28,40.

Experimental-Untersuchungen über Elektrizität.

Von
Michael Faraday.

Deutsche Uebersetzung
von
Dr. S. Kalischer

Docent an der Technischen Hochschule zu Berlin.

In drei Bänden.

Erster Band: Mit in den Text gedruckten Abbildungen, 8 Tafeln und dem Bildniss Faradays. Preis M. 12,—; geb. M. 13,20.
Zweiter Band: Mit in den Text gedr. Abbildungen u. 6 Tafeln. Preis M. 8,—; geb. M. 9,20.
Dritter Band: (In Vorbereitung).

Gesammelte Abhandlungen

zur Lehre von der

Elektrizität und dem Magnetismus

(Reprint of Papers on Electrostatics and Magnetism).

Von
William Thomson.

Autorisirte deutsche Ausgabe
von
Dr. L. Levy und Dr. B. Weinstein.

Mit 59 in den Text gedruckten Abbildungen und 3 Tafeln.
Preis M. 14,—; geb. M. 15,20.

Theorie des Potentials

und ihre Anwendung auf

Electrostatik und Magnetismus

von
Emile Mathieu
Professor der Mathematik zu Nancy.

Autorisirte deutsche Ausgabe
von
H. Maser.

Preis M. 10,—.

Zu beziehen durch jede Buchhandlung.

Verlag von Julius Springer in Berlin N.

Übungsstoff für den praktischen Unterricht
in der
PROJECTIONS-LEHRE

(Parallelperspective, Centralperspective und Schattenlehre)

von

Dr. Guido Hauck

Geh. Regierungsrat und Professor an der Königl. Technischen Hochschule zu Berlin.

I. Heft. 10 Blätter mit 11 Motiven. Preis M. 1,—.

Inhalt:

Blatt 1.	Motiv 1 und 2.	Turm und Säule.
" 2.	" 3 "	4. Kreuz und Denkstein.
" 3.	" 5 "	6. Podien (für die Motive 1—4).
" 4.	" 7.	Altarbau.
" 5.	" 8.	Fachwerkhäuschen.
" 6.	" 9.	Gotisches Denkmal, Aufriss.
" 7.	" 9.	" " Grundriss.
" 8.	" 10.	Gesimse.
" 9.	" 11.	Pavillon, Aufriss.
" 10.	" 11.	" " Grundriss.

II. Heft. 10 Blätter mit 11 Motiven. Preis M. 1,—.

Inhalt:

Blatt 1.	Motiv 1 und 2.	Säule und Turm.
" 2.	" 3 "	4. Denkstein und Kreuz.
" 3.	" 5 "	6. Podien (für die Motive 1—4)
" 4.	" 7.	Obelisk.
" 5.	" 8.	Wächterhäuschen.
" 6.	" 9.	Grabdenkmal, Aufriss.
" 7.	" 9.	" " Grundriss.
" 8.	" 10.	Gesimse.
" 9.	" 11.	Gotischer Turm, Aufriss.
" 10.	" 11.	" " Grundriss.

Geschichte der Astronomie

während des neunzehnten Jahrhunderts.

Gemeinfasslich dargestellt

von

A. M. Clerke.

Autorisierte deutsche Ausgabe

von

H. Maser.

Preis M. 10,—.

Handbuch der Physikalischen Maasbestimmungen.

Von

Dr. B. Weinstein

Privat-Dozent an der Universität zu Berlin und Hilfsarbeiter bei der
Kaiserl. Normal-Maass-Commission.

In zwei Bänden.

Erster Band: Die Beobachtungsfehler, ihre rechnerische Ausgleichung und Untersuchung.

Preis M. 14,—.

Zweiter Band: Einheiten und Dimensionen, Messungen für Längen, Massen, Volumina und Dichtigkeiten.

Preis M. 14,—.

Dritter Band: Messungen für Drucke und Kräfte, thermische, optische, akustische, elektrische und magnetische Maasbestimmungen. (In Vorbereitung.)

Praktische Physik

für Schulen und jüngere Studierende

von

Balfour Stewart und Haldane Gee.

Autorisierte Übersetzung

von

Karl Noack.

I. Teil: **Elektricität und Magnetismus.**

Mit 123 in den Text gedruckten Abbildungen.

Preis geb. M. 2,50.

Zu beziehen durch jede Buchhandlung.